

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-093541

(43)Date of publication of application : 07.04.1995

---

(51)Int.Cl. G06T 7/00

---

(21)Application number : 06-006842 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD

(22)Date of filing : 26.01.1994 (72)Inventor : MITAKA RYOSUKE  
FUJIWARA YOSHIMASA  
IKEBUCHI HIROYUKI

---

(30)Priority

Priority number : 05124508 Priority date : 26.05.1993 Priority country : JP

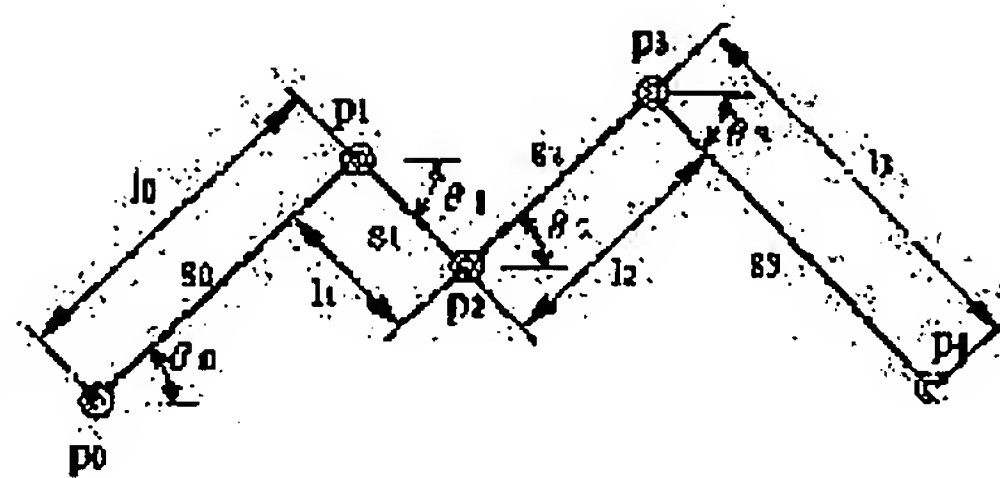
---

## (54) SHAPE RECOGNIZING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To perform collation without changing a shape model by evaluating the degree of matching of an object shape to the shape model based on relation with an allowable range and a difference with a standard value relating to the sequence of points of the object shape.

CONSTITUTION: In the case of measuring the cross sectional shape of a corner joint for which a pair of plates are approximately vertically butted by an optical-cut-off method, the shape model expressed by five nodes P0-P4 and four line elements S0-S3 is used. The length 1-1 of the line elements S0-S3 and the inclination  $\theta_0$ - $\theta_3$  of the respective line elements S0-S3 to a horizontal shaft are used as the feature amounts of the shape model and further, the allowable range and the standard value are set for the respective feature amounts. The pattern matching of the shape model and the object shape for which the cross section shape of an object is polygonally approximated is performed. Within the set allowable



**BEST AVAILABLE COPY**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

range, when it is judged that the degree of the coincidence is high, even when the feature amounts of the object shape slightly fluctuate, the fluctuation can be absorbed.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.05.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2942454

[Date of registration] 18.06.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-93541

(43) 公開日 平成7年(1995)4月7日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

FI

G06T 7/00

9061-5L

G06F 15/70

460

E

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全28頁)

(21) 出願番号

特願平6-6842

(22) 出願日

平成6年(1994)1月26日

(31) 優先權主張番号: 特願平5-124508

(32) 優先日 平 5 (1993) 5 月 26 日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人: 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72) 発明者：三高、良介

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72) 発明者、藤原 祥雅

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72) 發明者、池淵、博之

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

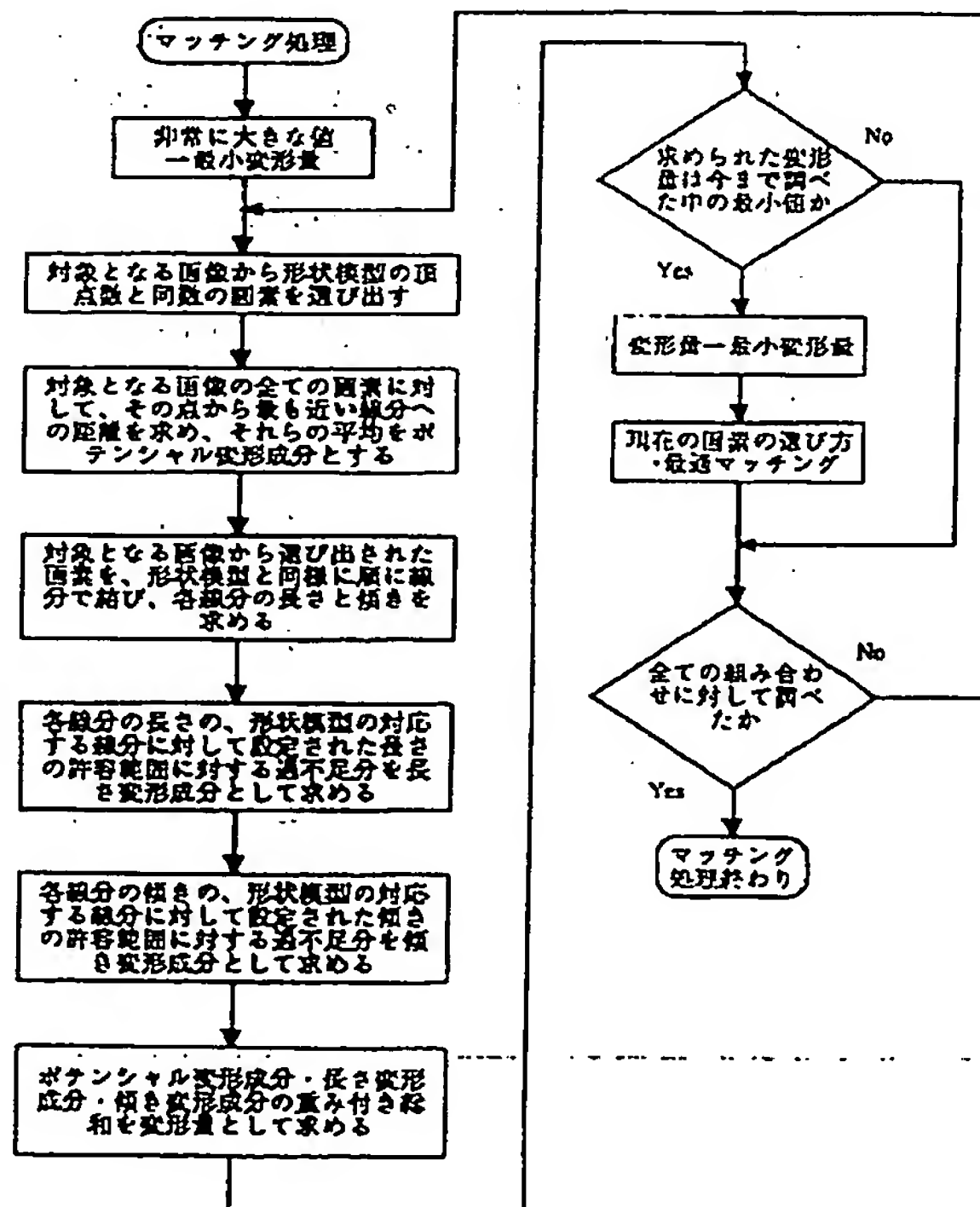
(74) 代理人 弁理士 石田 長七 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 形状認識方法

(57) 【要約】

【目的】対象形状の形状の変動が比較的大きい場合であっても、形状模型を変更することなく照合することができる形状認識方法を提供する。

**【構成】** 対象形状は2次元平面上の点列で表される。また、対象形状と照合される形状模型は有限個の節点と線素との組として幾何的形狀で表される。形状模型の各線素は、長さや傾きである特徴量について標準値と標準値を内包する許容範囲とが設定される。対象形状と形状模型との照合の際には、対象形状に関して標準値との差および許容範囲との関係に基づいて形状模型との一致の程度を評価する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2次元平面上の点列で表された対象形状を、幾何的な形状模型と照合することによって認識する形状認識方法において、形状模型を有限個の節点と節点間を順に結ぶ線素との組として表すとともに、各線素の特徴量について標準値と標準値を内包する許容範囲とを設定し、対象形状の点列に関する標準値との差および許容範囲との関係に基づいて対象形状の形状模型に対する一致の程度を評価することを特徴とする形状認識方法。

【請求項 2】 上記線素は線分または部分楕円であつて、線素を線分とするときは、線分の長さとの既定の基準線に対する線分の傾きとの少なくとも一方を特徴量とし、線素を部分楕円とするときは、楕円の長径ならびに扁平度と上記基準線に対する長径方向の傾きとの少なくとも一方を特徴量とすることを特徴とする請求項 1 記載の形状認識方法。

【請求項 3】 上記線素は線分または部分楕円であつて、節点を挟んで隣接する線素がともに線分であるときは、各線分の長さとの既定の基準線に対する線分の傾きとの少なくとも一方を特徴量とし、節点を挟んで隣接する線素がともに部分楕円であるときは、各楕円の長径ならびに各楕円の扁平度と両楕円の長径方向の交差する角度との少なくとも一つを特徴量とし、節点を挟んで隣接する線路の一方が線分で他方が部分楕円であるときは、線分の長さならびに楕円の長径ならびに楕円の扁平度と線分に楕円の長径方向が交差する角度との少なくとも一方を特徴量とすることを特徴とする請求項 1 記載の形状認識方法。

【請求項 4】 3次元空間内の点列で表された対象形状を、幾何的な形状模型と照合することによって認識する形状認識方法において、形状模型を有限個の節点と節点間を順に結ぶ線素との組として表すとともに、各線素の特徴量について標準値と標準値を内包する許容範囲とを設定し、対象形状に関して標準値との差および許容範囲との関係に基づいて形状模型との一致の程度を評価することを特徴とする形状認識方法。

【請求項 5】 上記線素は線分または部分楕円であつて、線素を線分とするときは、線分の長さとの既定の基準面に対する線分の傾きとの少なくとも一方を特徴量とし、線素を部分楕円とするときは、楕円の長径ならびに扁平度と上記基準面に対する長径方向ならびに短径方向の傾きとの少なくとも一方を特徴量とすることを特徴とする請求項 4 記載の形状認識方法。

【請求項 6】 上記線素は線分または長軸と短軸との各一端を節点とする部分楕円であつて、節点を挟んで隣接する線素がともに線分であるときは、各線分の長さとの既定の基準面に対する線分の傾きとの少なくとも一方を特徴量とし、節点を挟んで隣接する線素がともに部分楕円であるときは、各楕円の長径ならびに各楕円の扁平度と両楕円の長径方向同士ならびに短径方向同士の交差する角度との少なくとも一つを特徴量とし、節点を挟んで隣接する

線路の一方が線分で他方が部分楕円であるときは、線分の長さならびに楕円の長径ならびに楕円の扁平度と線分に楕円の長径方向または短径方向が交差する角度との少なくとも一方を特徴量とすることを特徴とする請求項 4 記載の形状認識方法。

【請求項 7】 対象形状から形状模型の節点と同数の節点を選択するすべての組み合わせについて選択した節点の間を線素により結び、対象形状の上のすべての点と形状模型との距離の平均値をポテンシャル変形成分とし、線素の特徴量について許容範囲に対する超過分あるいは不足分の総和を特徴変形成分とし、ポテンシャル変形成分と特徴変形成分との重み付き総和を変形量として求め、変形量が最小になるように選択した節点を形状模型に一致する節点とすることを特徴とする請求項 1 記載の形状認識方法。

【請求項 8】 対象形状から形状模型の節点と同数の節点を選択するすべての組み合わせについて選択した節点の間を線素により結び、対象形状の上のすべての点と形状模型との距離の平均値をポテンシャル変形成分とし、線素の特徴量について許容範囲に対する超過分あるいは不足分に第 1 の比例定数を乗じた値と許容範囲内の標準値との差に第 2 の比例定数を乗じた値との総和を特徴変形成分とし、第 1 の比例定数を第 2 の比例定数よりも大きく設定し、ポテンシャル変形成分と特徴変形成分との重み付き総和を変形量として求め、変形量が最小になるように選択した節点を形状模型に一致する節点とすることを特徴とする請求項 1 記載の形状認識方法。

【請求項 9】 対象形状の点列に対して折れ線近似を施した後に、折れ線の屈曲点を節点として形状模型と照合することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 10】 対象形状の点列に対して折れ線近似を施した後に、折れ線の屈曲点を節点として形状模型と照合し、照合に用いた対象形状の節点のうちの少なくとも一つの節点について、その節点に対応する対象形状の節点の近傍の既定範囲内における対象形状の他の点を節点候補とし、変形量が最小になる節点候補を元の節点に代えて対象形状の節点として採用することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 11】 対象形状の点列に対してハフ変換を施して求めた各点に対応するハフ曲線を用いて点列に当てはめる線分を抽出し、得られた線分の交点および点列の端点を節点として形状模型と照合することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 12】 対象形状の点列に対して折れ線近似を施した後に、折れ線の屈曲点を節点として抽出したときに、節点の個数が形状模型における節点の個数より少ない場合、隣接する各一对の節点の間の点列のうち両節点を結ぶ線分との距離が最大になる点を節点候補として抽出し、抽出された節点候補を上記距離の大きいほうか

10

20

30

40

50



ら順に形状模型の節点と対象形状の節点との差の個数だけ選択して対象形状の節点に加えることを特徴とする請求項 1 記載の形状認識方法。

【請求項 1 3】 対象形状の点列に対してハフ変換を施して求めた各点に対応するハフ曲線を用いて点列に当てはめる線分を抽出し、得られた線分の交点および点列の端点を節点として抽出したときに、節点の個数が形状模型における節点の個数よりも少なければ、隣接する各一对の節点の間の点列のうち両節点を結ぶ線分との距離が最大になる点を節点候補として抽出し、抽出された節点候補を上記距離の大きいほうから順に形状模型の節点と対象形状の節点との差の個数だけ選択して対象形状の節点に加えることを特徴とする請求項 1 記載の形状認識方法。

【請求項 1 4】 対象形状の点列に対して欠落部分を補完した後に形状模型と照合することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 1 5】 対象形状に対して複数個の形状模型を部分ごとにブロック化して設定し、各形状模型の端点の間を結ぶ線分について特徴量の許容範囲を設定し、この線分については特徴変形成分のみを用いて変形量を求めることを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 1 6】 形状認識を繰り返して行なうにあたって、過去の照合結果に基づいて形状模型の特徴量の許容範囲を自動的に変更することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 1 7】 対象形状と形状模型との照合を動的計画法によって行なうことを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 1 8】 上記変形量についてしきい値を設定し、対象形状から節点を選択する際に変形量を計算する過程で変形量がしきい値を超えると、その変形量の計算を打ち切って次の選択について変形量を計算することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 1 9】 変形量の計算過程でその計算過程での過去の最小の変形量をしきい値として用いることを特徴とする請求項 1 8 記載の形状認識方法。

【請求項 2 0】 形状模型の少なくとも 1 つの節点に関する知識を用いて対象形状の点列から節点を選択することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 2 1】 形状模型の特徴量に制限範囲を設定し、対象形状から節点を選択する際に変形量を計算する過程で特徴量が制限範囲外になると、その変形量の計算を打ち切って次の選択について変形量を計算することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 2 2】 対象形状の全体形状について形状模型

との照合を行なった後に、対象形状のうちの所要の部分形状について形状模型との照合を行なうことを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 2 3】 変形量の最小値に対するしきい値を設定し、変形量の最小値がしきい値よりも大きいときに、形状模型に対する対象形状の一致の程度が低いと判定することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 2 4】 対象形状の節点のうち少なくとも 2 点の位置関係をあらかじめ設定された評価基準と比較することによって、対象形状の形状模型に対する一致度を判定することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 2 5】 互いに形状の異なる複数種類の形状模型を設定し、各形状模型を対象形状と照合し、各形状模型のうちで変形量が最小になる形状模型を対象形状に一致する形状模型として選択することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【請求項 2 6】 互いに形状の異なる複数種類の形状模型を設定し、各形状模型をあらかじめ設定された順序で対象形状と照合し、各形状模型のうちで変形量があらかじめ設定されたしきい値以下になった最初の形状模型を対象形状に一致する形状模型として選択することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【産業上の利用分野】 本発明は、2 次元平面に配列された点列によって表された対象形状を、基準となる形状模型との照合によって認識する形状認識方法に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】 一般に、一組の鉄板のような板材を溶接して角継手を形成する際には、両板材の間に形成される段差や隙間を計測することが必要であり、このような寸法や位置の計測に、光切断法を利用した画像処理を利用することが提案されている。光切断法をこのような目的に利用するには、光切断法で得た対象物の表面の断面形状を表す線画図形を認識することが必要である。

【0 0 0 3】 線画図形の形状を認識する方法としては、特開平 1 - 1 6 1 4 8 7 号公報に記載された発明のように、線分の結合として表された線画図形について 2 次元平面内での線分の位置、長さ、基準線に対する傾き、線分同士の平行度等を記述した基準となる形状模型を用いて、線図形である対象形状から抽出した線分の特徴量と、形状模型に記述された線分の特徴量とを線分ごとに比較し、適合する線分を逐次検出するパターンマッチングによる方法が提案されている。

【0 0 0 4】 この方法での線分同士の照合は、特徴量の差が設定された許容範囲内か否かを判定する 2 値的な判断によって行なわれている。このような照合方法では、

認識精度を確保しようとするれば、許容範囲をできるだけ小さく設定することが必要であって、対象形状の特徴量のばらつきが比較的大きいような場合には、適用するのが難しいという問題がある。

【0005】このような問題を解決する方法としては、対象形状と形状模型との照合を繰り返しながら形状模型を拡大・縮小し、対象形状が形状模型に適合するか否かを判断する方法が提案されている（特開平 3 - 1 7 2 9 7 8 号公報）。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、形状模型を拡大・縮小しながら対象形状との照合を行なう上記方法では、時間の経過とともに対象形状が次々に入力される光切断法において、対象形状の特徴量のばらつきが大きいときには、各対象形状と形状模型との照合回数が多くなり、結果的に処理時間の増大につながるという問題がある。また、このような方法では、対象形状の特徴量が部分的に変動するような場合には適用できないという問題もある。

【0007】本発明は上記問題点の解決を目的とするものであり、時間の経過とともに対象形状が次々に入力され、かつ各対象形状の形状の変動が大きい場合であっても、形状模型を変更することなく照合することができるようにした形状認識方法を提供しようとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項 1 の発明は、上記目的を達成するために、2 次元平面上の点列で表された対象形状を、幾何的な形状模型と照合することによって認識する形状認識方法において、形状模型を有限個の節点と節点間を順に結ぶ線素との組として表すとともに、各線素の特徴量について標準値と標準値を内包する許容範囲とを設定し、対象形状の点列に関する標準値との差および許容範囲との関係に基づいて対象形状の形状模型に対する一致の程度を評価することを特徴とする。

【0009】請求項 2 の発明は、請求項 1 の発明において、上記線素は線分または部分楕円であって、線素を線分とするときは、線分の長さとは既定の基準線に対する線分の傾きとの少なくとも一方を特徴量とし、線素を部分楕円とするときは、楕円の長径ならびに偏平度と上記基準線に対する長径方向の傾きとの少なくとも一方を特徴量とすることを特徴とする。

【0010】請求項 3 の発明は、請求項 1 の発明において、上記線素は線分または部分楕円であって、節点を挟んで隣接する線素がともに線分であるときは、各線分の長さとは線分同士が交差する角度との少なくとも一方を特徴量とし、節点を挟んで隣接する線素がともに部分楕円であるときは、各楕円の長径ならびに各楕円の偏平度と両楕円の長径方向の交差する角度との少なくとも一方を特徴量とし、節点を挟んで隣接する線路の一方が線分で

他方が部分楕円であるときは、線分の長さならびに楕円の長径ならびに楕円の偏平度と線分に楕円の長径方向が交差する角度との少なくとも一方を特徴量とすることを特徴とする。

【0011】請求項 4 の発明は、3 次元空間内の点列で表された対象形状を、幾何的な形状模型と照合することによって認識する形状認識方法において、形状模型を有限個の節点と節点間を順に結ぶ線素との組として表すとともに、各線素の特徴量について標準値と標準値を内包する許容範囲とを設定し、対象形状に関して標準値との差および許容範囲との関係に基づいて形状模型との一致の程度を評価することを特徴とする。

【0012】請求項 5 の発明は、請求項 4 の発明において、上記線素は線分または部分楕円であって、線素を線分とするときは、線分の長さとは既定の基準面に対する線分の傾きとの少なくとも一方を特徴量とし、線素を部分楕円とするときは、楕円の長径ならびに偏平度と上記基準面に対する長径方向ならびに短径方向の傾きとの少なくとも一方を特徴量とすることを特徴とする。

【0013】請求項 6 の発明は、請求項 4 の発明において、上記線素は線分または長軸と短軸との各一端を節点とする部分楕円であって、節点を挟んで隣接する線素がともに線分であるときは、各線分の長さとは線分同士が交差する角度との少なくとも一方を特徴量とし、節点を挟んで隣接する線素がともに部分楕円であるときは、各楕円の長径ならびに各楕円の偏平度と両楕円の長径方向同士ならびに短径方向同士の交差する角度との少なくとも一方を特徴量とし、節点を挟んで隣接する線路の一方が線分で他方が部分楕円であるときは、線分の長さならびに楕円の長径ならびに楕円の偏平度と線分に楕円の長径方向または短径方向が交差する角度との少なくとも一方を特徴量とすることを特徴とする。

【0014】請求項 7 の発明は、請求項 1 の発明において、対象形状から形状模型の節点と同数の節点を選択するすべての組み合わせについて選択した節点の間を線素により結び、対象形状の上のすべての点と形状模型との距離の平均値をポテンシャル変形成分とし、線素の特徴量について許容範囲に対する超過分あるいは不足分の総和を特徴変形成分とし、ポテンシャル変形成分と特徴変形成分との重み付き総和を変形量として求め、変形量が最小になるように選択した節点を形状模型に一致する節点とすることを特徴とする。

【0015】請求項 8 の発明は、請求項 1 の発明において、対象形状から形状模型の節点と同数の節点を選択するすべての組み合わせについて選択した節点の間を線素により結び、対象形状の上のすべての点と形状模型との距離の平均値をポテンシャル変形成分とし、線素の特徴量について許容範囲に対する超過分あるいは不足分に第 1 の比例定数を乗じた値と許容範囲内での標準値との差に第 2 の比例定数を乗じた値との総和を特徴変形成分と

10

20

30

40

50



し、第 1 の比例定数を第 2 の比例定数よりも大きく設定し、ポテンシャル変形成分と特徴変形成分との重み付き総和を変形量として求め、変形量が最小になるように選択した節点を形状模型に一致する節点とすることを特徴とする。

【0016】請求項 9 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状の点列に対して折れ線近似を施した後に、折れ線の屈曲点を節点として形状模型と照合することを特徴とする。請求項 10 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状の点列に対して折れ線近似を施した後に、折れ線の屈曲点を節点として形状模型と照合し、照合に用いた対象形状の節点のうち少なくとも一つの節点について、その節点に対応する対象形状の節点の近傍の既定範囲内における対象形状の他の点を節点候補とし、変形量が最小になる節点候補を元の節点に代えて対象形状の節点として採用することを特徴とする。

【0017】請求項 11 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状の点列に対してハフ変換を施して求めた各点に対応するハフ曲線を用いて点列に当てはめる線分を抽出し、得られた線分の交点および点列の端点を節点として形状模型と照合することを特徴とする。請求項 12 の発明は、請求項 1 の発明において、対象形状の点列に対して折れ線近似を施した後に、折れ線の屈曲点を節点として抽出したときに、節点の個数が形状模型における節点の個数よりも少なければ、隣接する各一对の節点の間の点列のうち両節点を結ぶ線分との距離が最大になる点を節点候補として抽出し、抽出された節点候補を上記距離の大きいほうから順に形状模型の節点と対象形状の節点との差の個数だけ選択して対象形状の節点に加えることを特徴とする。

【0018】請求項 13 の発明は、請求項 1 の発明において、対象形状の点列に対してハフ変換を施して求めた各点に対応するハフ曲線を用いて点列に当てはめる線分を抽出し、得られた線分の交点および点列の端点を節点として抽出したときに、節点の個数が形状模型における節点の個数よりも少なければ、隣接する各一对の節点の間の点列のうち両節点を結ぶ線分との距離が最大になる点を節点候補として抽出し、抽出された節点候補を上記距離の大きいほうから順に形状模型の節点と対象形状の節点との差の個数だけ選択して対象形状の節点に加えることを特徴とする。

【0019】請求項 14 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状の点列に対して欠落部分を補完した後に形状模型と照合することを特徴とする。請求項 15 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状に対して複数個の形状模型を部分ごとにブロック化して設定し、各形状模型の端点の間を結ぶ線分について特徴量の許容範囲を設定し、この線分については特徴変形成分のみを用いて変形量を求めることを

特徴とする。

【0020】請求項 16 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、形状認識を繰り返して行なうにあたって、過去の照合結果に基づいて形状模型の特徴量の許容範囲を自動的に変更することを特徴とする。請求項 17 の発明は、請求項 16 の発明において、対象形状と形状模型との照合を動的計画法によって行なうことを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の形状認識方法。

【0021】請求項 18 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、上記変形量についてしきい値を設定し、対象形状から節点を選択する際に変形量を計算する過程で変形量がしきい値を超えると、その変形量の計算を打ち切って次の選択について変形量を計算することを特徴とする。請求項 19 の発明は、請求項 18 の発明において、変形量の計算過程でその計算過程での過去の最小の変形量をしきい値として用いることを特徴とする。

【0022】請求項 20 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、形状模型の少なくとも一つの節点に関する知識を用いて対象形状の点列から節点を選択することを特徴とする。請求項 21 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、形状模型の特徴量に制限範囲を設定し、対象形状から節点を選択する際に変形量を計算する過程で特徴量が制限範囲外になると、その変形量の計算を打ち切って次の選択について変形量を計算することを特徴とする。

【0023】請求項 22 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状の全体形状について形状模型との照合を行なった後に、対象形状のうちの所要の部分形状について形状模型との照合を行なうことを特徴とする。請求項 23 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、変形量の最小値に対するしきい値を設定し、変形量の最小値がしきい値よりも大きいときに、形状模型に対する対象形状の一致の程度が低いと判定することを特徴とする。

【0024】請求項 24 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状の節点のうち少なくとも 2 点の位置関係をあらかじめ設定された評価基準と比較することによって、対象形状の形状模型に対する一致度を判定することを特徴とする。請求項 25 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、互いに形状の異なる複数種類の形状模型を設定し、各形状模型を対象形状と照合し、各形状模型のうちで変形量が最小になる形状模型を対象形状に一致する形状模型として選択することを特徴とする。

【0025】請求項 26 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、互いに形状の異なる複数種類の形状模型を設定し、各形状模型をあらかじめ設定された順序で対象形状と照合し、各形状模型のうちで変形量があらかじめ設定されたしきい値以下になった最初の形状模

型を対象形状に一致する形状模型として選択することを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

【作用】本発明によれば、対象形状が 2 次元平面上の点列で表され、かつ形状模型が有限個の節点と線素との組として表されているのであって、各線素の特徴量について標準値と標準値を内包する許容範囲とを設定し、対象形状に関して標準値との差および許容範囲との関係に基づいて形状模型との一致の程度を評価するので、設定された許容範囲内では一致の程度が高いと判断すれば、対象形状の特徴量が多少変動してもこの変動分を吸収することができる。

【 0 0 2 7 】請求項 4 の発明は、対象形状が 3 次元空間の点列で表される形状である場合への拡張であって、請求項 1 における 2 次元平面の場合と同様に扱うことができるのである。請求項 2、請求項 5 の発明では、形状模型を節点と線素とで表し、各線素についての特徴量として傾きを用いることで、回転移動を含まない照合を行なうことができる。また、請求項 3、請求項 6 の発明のように、各線素の間の角度を特徴量を用いることで、回転移動を含む対象形状についても照合を行なうことが可能になる。

【 0 0 2 8 】請求項 7 や請求項 8 の発明では、特徴量について許容範囲に対する超過分や不足分を加味した変形量を対象形状と形状模型との一致程度の評価に用いるのであって、対象形状の形状模型に対する差異を適合・不適合といった 2 値的な判断ではなく、連続的な変形量として評価することができるのである。しかも、特徴量について形状模型の全体で累計するから、対象形状から選択した節点により形作られる形状と形状模型との差異を全体的に評価することができる。

【 0 0 2 9 】また、対象形状から形状模型の節点と同数の座標点を選ぶ最適な組み合わせを見つける方法として、線分ごとの特徴量に関する累計値を最小化するだけでは、形状模型が許容範囲を持つためにせいぜいこの許容範囲程度の認識精度しか得られないが、対象形状の上のすべての点と形状図形との最小距離の平均値をポテンシャル変形成分として、このポテンシャル変形成分を変形量の成分として加味しているので、形状模型が許容範囲を持っていても高い認識精度が得られる。すなわち、対象形状と形状模型とを照合するマッチング処理において、形状模型の特徴量（長さ、角度など）の変形成分は大まかな形状の一致を把握するのに有効に作用し、ポテンシャル変形成分は特徴量の変形量が小さい場合、つまり大まかには形状が一致している場合の、より詳細な形状の一致の把握に有効に作用するのである。

【 0 0 3 0 】マッチング処理については、形状模型の節点と同数の節点を選択するすべての組み合わせに対して変形量を計算すると処理コストが増大するが、請求項 9、請求項 1 0、請求項 1 1、請求項 1 6、請求項 1

7、請求項 1 8、請求項 1 9、請求項 2 0、請求項 2 1 に示すような方法を採用すれば、不要な計算を除外することができ処理が効率化される。

【 0 0 3 1 】請求項 1 2、請求項 1 3 の方法は、対象形状から選択した節点が照合しようとする形状模型の節点の個数よりも少ない場合の処理方法であって、比較的よい節点候補を選択し、かつ節点候補の中から節点になる可能性の高いものから順に選択するから、簡単な手順ながら対象形状から形状模型との照合が可能になるように節点を抽出することができるのである。

【 0 0 3 2 】また、上述のように、対象形状と形状模型との一致程度の評価に用いる変形量にポテンシャル変形成分が含まれるため、通常は対象形状の節点の間の線素は連続でなければならないが、請求項 1 4、請求項 1 5 の方法を用いれば、対象形状に不連続部分が含まれていても処理が可能である。さらに、請求項 2 2 の方法によれば、形状認識の過程を複数段階に分け、最初に粗い形状認識を行なった後に、その結果を利用して詳細な形状認識が行なえるから、形状認識の精度を高めることができる。

【 0 0 3 3 】請求項 2 3、請求項 2 4 の方法によれば、対象形状と形状模型との一致程度を評価できるのである。また、複数種類の対象形状を識別したいような場合には、請求項 2 5、請求項 2 6 の方法によって認識対象の種類を判別することができ、適正な形状模型を用いての認識が可能になる。

【 0 0 3 4 】

【実施例】

（実施例 1）本実施例では、一組の板材を略直角に突き合わせた角継手の断面形状を光切断法によって測定する場合について例示する。光切断法では、図 5 に示すように、対象物 1 の屈曲部を横断するスリット光を光源 2 から対象物 1 に照射し、光源 2 からのスリット光の照射方向とは異なる方向から CCD カメラのような撮像装置 3 によってスリット光の投影パターンを撮像し、撮像装置 3 で取り込んだ画像について以下のような処理を施すことによって、対象物 1 の形状に対応した点列を抽出する。すなわち、対象物 1 の屈曲部を横断する切断面との交線上の各測定点について、測定点の位置を 2 次元平面内の座標で表すのである。

【 0 0 3 5 】撮像装置 3 で取り込んだ濃淡画像  $Q_1$ （図 6（a））は、フレームメモリ 1 1 に一旦格納され、フレームメモリ 1 1 に格納された濃淡画像  $Q_1$  は 2 値化処理部 1 2 に入力される。2 値化処理部 1 2 では各画素の濃度を適宜閾値と比較し、各画素の濃度を 2 値化することによって図 6（b）に示すような 2 値画像  $Q_2$  を得る。次に、2 値画像  $Q_2$  の雑音成分をノイズ除去処理部 1 3 で除去する。ここで、2 値画像  $Q_2$  で求めた線図形  $1_1$  は複数画素の幅を有しているのが普通であるから、心線抽出部 1 4 において 2 値画像  $Q_2$  での線図形  $1_1$  の



中心線として心線を抽出し、図6(c)に示すような、1画素の幅を有した線図形 $l_1$ のデータからなる線画像 $Q_1$ を得る。線図形 $l_1$ は1画素の幅を有した画素の列であり、点列生成部15によって対象物1の屈曲部の形状を反映した点列が得られる。点列生成部15では、線図形 $l_1$ の各画素の位置座標を画面の横方向について左から順に並べることによって点列の位置データとする。ここに、線図形 $l_1$ の全画素を点列としているが、分解能を下げてよい場合には、画面の横方向に複数画素進むごとに1画素の位置座標を求めたり、複数画素ごとに代表値を位置座標とするなどしてもよい。このようにして線図形 $l_1$ に基づいて図6(d)のような点列 $S$ を得ることができるのである。この点列 $S$ は画像の横軸座標について昇順に並べられたものであって、メモリに格納されて以後の処理に用いられる。

【0036】上述のようにして得た点列 $S$ が対象形状として形状模型と比較されるのであるが、点列 $S$ のままで形状模型と比較すると、マッチング処理に時間がかかるから、点列 $S$ の並びは折れ線で近似される。点列 $S$ を折れ線に近似する方法は各種提案されているが、ここでは、追跡法として知られている方法を採用している。すなわち、図7に示すように、折れ線近似の対象とする点列 $S$ に含まれる各点 $P_j$  ( $j=0, 1, \dots, n$ ) が左から順に並んでいるものとして、図7(a)のように始点 $P_0$ を一方の端点 $P_{j1}$ とし、点列 $S$ に含まれる他の点 $P_j$ を他方の端点 $P_{j2}$ として両端点 $P_{j1}, P_{j2}$ を結ぶ線分 $\langle P_{j1}, P_{j2} \rangle$ を設定する。ここに、端点 $P_{j2}$ の一つ前の点 $P_{j2-1}$ を中心とする半径 $\varepsilon$ の円 $C_{j2-1}$ の接線のうち端点 $P_{j1}$ を通る2本の接線 $\lambda_{1,j2-1}, \lambda_{2,j2-1}$ の間に、線分 $\langle P_{j1}, P_{j2} \rangle$ が挟まれていれば、点 $P_{j2-1}$ と線分 $\langle P_{j1}, P_{j2} \rangle$ との距離は $\varepsilon$ 以下である。そこで、一方の端点 $P_{j1}$ を固定し他方の端点 $P_{j2}$ を点列 $S$ の並び順に変化させ、上述のように点 $P_{j2-1}$ と線分 $\langle P_{j1}, P_{j2} \rangle$ との距離が $\varepsilon$ 以下であるかどうかを判定する。このようにして、点 $P_{j2-1}$ と線分 $\langle P_{j1}, P_{j2} \rangle$ との距離が $\varepsilon$ 以下である最長の線分 $\langle P_{j1}, P_{j2} \rangle$ を選び出す。すなわち、図7の例では、同図(b)のように、 $J1=0, J2=2$ から始めて $J2=8$ までは点 $P_{j2-1}$ と線分 $\langle P_{j1}, P_{j2} \rangle$ との距離は $\varepsilon$ 以下という条件が満たされているが、 $J2=9$ において条件が満たされなくなるから、線分 $\langle P_0, P_{10} \rangle$ を最長の線分とするのである。

【0037】次に、上記条件が満たされた最終の端点 $P_{j2}$  (上の例では $P_{10}$ )を固定する端点 $P_{j1}$ とし、同様の手順で点 $P_{j2-1}$ と線分 $\langle P_{j1}, P_{j2} \rangle$ との距離が $\varepsilon$ 以下である最長の線分 $\langle P_{j1}, P_{j2} \rangle$ を求める。すなわち、図7の例では、同図(c)のように、 $J1=8, J2=10$ から始めて上述した処理を繰り返すのである。このようにして、端点 $P_{j2}$ が点列 $S$ の終点 $P_n$ に達するまで線分 $\langle P_{j1}, P_{j2} \rangle$ を選び出す処理を行い、最終的に図7

(d)のように、線分 $\langle P_{j1}, P_{j2} \rangle$ を結合した折れ線で

点列 $S$ を近似することができるのである。

【0038】上述のようにして点列 $S$ を折れ線で近似した図形を対象形状として用いれば、対象物1の断面形状の特徴量を屈曲点の位置と屈曲点間を結ぶ線素(直線、曲線)とで表すことができ、図8のような形状の点列 $S$ を形状模型と照合する場合に比較すれば、データ数を大幅に削減することができて、マッチング処理を高速化することが可能になる。

【0039】本実施例では、対象物1の断面形状は略M字形になるから、形状模型としては図9に示すように、5個の節点 $p_0 \sim p_4$ と、各節点 $p_0 \sim p_4$ の間を結ぶ4本の線素(線分) $s_0 \sim s_3$ とによって表したものをを用いることができる。形状模型の特徴量としては、各線素 $s_0 \sim s_3$ の長さ $l_k$  ( $k=0 \sim 3$ )と、2次元平面(画像)の横軸に対する各線素 $s_0 \sim s_3$ の傾き $\theta_k$  ( $k=0 \sim 3$ )とを用い、さらに、各特徴量について許容範囲 $[l_{min,k}, l_{max,k}]$ ,  $[\theta_{min,k}, \theta_{max,k}]$ と標準値 $l_{std,k}$ ,  $\theta_{std,k}$ とが設定される( $k=0 \sim 3$ )。定義より明らかなように、次の関係が成立する。

$$l_{min,k} < l_{std,k} < l_{max,k} \quad (k=0 \sim 3)$$

$$\theta_{min,k} < \theta_{std,k} < \theta_{max,k} \quad (k=0 \sim 3)$$

ここで、許容範囲 $[l_{min,k}, l_{max,k}]$ ,  $[\theta_{min,k}, \theta_{max,k}]$ については、対象物1から得られる線画図形の寸法の変動幅に応じて適宜設定される。

【0040】対象物1の断面形状を折れ線近似した対象形状が得られると、上述のように定義された形状模型とのパターンマッチング(マッチング処理)が行なわれる。マッチング処理では、まず対象形状から照合される形状模型の節点 $p_0 \sim p_4$ と同数の節点を選択し(ここでは、対象形状の節点の個数が形状模型の節点 $p_0 \sim p_4$ の個数よりも多いと仮定している)、選択した節点の間を形状模型と同様に線分で結んだ場合における線分の長さ $l_k$ と、2次元平面(画像)の横軸(基準線)に対する傾き $\theta_k$ とを求める。また、対象形状のすべての節点について、形状模型を構成する線分のうちでもっとも近いものとの距離 $\varepsilon_j$ を求め、距離 $\varepsilon_j$ の平均値をポテンシャル変形成分 $E_p$ と定義する。図2に距離 $\varepsilon_j$ 、形状模型における線分の長さ $l_k$ 、形状模型における傾き $\theta_k$ の概念を示す。図2において二重丸で示した画素は形状模型と対象形状とで重なる節点 $p_0 \sim p_4$ 、田字形で示した画素は対象形状においてのみ発生する節点を示す。ポテンシャル変形成分 $E_p$ は、対象形状の点列 $S$ に含まれる点 $P_j$ の個数(折れ線近似した場合には節点の個数)を $n$ とするときに、数1で表される。

【0041】

【数1】

$$E_p = \sum_{j=0}^{n-1} (\varepsilon_j) / n$$

【0042】次に、対象形状の各線分の長さおよび各傾

きについて、形状模型について設定されている許容範囲と比較し、許容範囲外であるときには、長さについては長さ変形成分  $D l_k$  とし、傾きについては角度変形成分  $D s_k$  とし、長さ変形成分  $D l_k$  と角度変形成分  $D s_k$  との各総和  $E l$ 、 $E \theta$  をそれぞれ求める（ただし、 $k$  は形状模型の線分の本数）。すなわち、長さ変形成分  $D l_k$  と角度変形成分  $D s_k$  とは、それぞれ次式で表される。

$$\begin{aligned} D l_k &= l_k - l_{0.0.0.0} & (l_k > l_{0.0.0.0}) \\ &0 & (l_{0.0.0.0} < l_k < l_{0.0.0.0}) \\ &l_{0.0.0.0} - l_k & (l_k > l_{0.0.0.0}) \\ D s_k &= \theta_k - \theta_{0.0.0.0} & (\theta_k > \theta_{0.0.0.0}) \\ &0 & (\theta_{0.0.0.0} < \theta_k < \theta_{0.0.0.0}) \\ &\theta_{0.0.0.0} - \theta_k & (\theta_k > \theta_{0.0.0.0}) \end{aligned} \quad 10$$

また、長さ変形成分  $D l_k$  と角度変形成分  $D s_k$  との各総和  $E l$ 、 $E \theta$  はそれぞれ次式で表される。

$$E l = \sum (D l_k)$$

$$E \theta = \sum (D s_k)$$

ここに、 $k$  の範囲は線分の本数による。

【0043】上述のようにして、ポテンシャル変形成分  $E p$  と長さ変形成分  $D l_k$  と角度変形成分  $D s_k$  との各総和  $E l$ 、 $E \theta$  とが求められると、次に各成分  $E p$ 、 $E l$ 、 $E \theta$  の重み付き総和を変形量  $E_{0.0.0.0}$  として求める。変形量  $E_{0.0.0.0}$  は各成分  $E p$ 、 $E l$ 、 $E \theta$  に対する重み係数  $W p$ 、 $W l$ 、 $W \theta$  とするとき、次式のように表すことができる。

$$E_{0.0.0.0} = W p \times E p + W l \times E l + W \theta \times E \theta$$

上述のように定義した変形量  $E_{0.0.0.0}$  を、対象形状からの節点の選択方法のすべての組合せについて求め、変形量  $E_{0.0.0.0}$  が最小になる（以下、変形量  $E_{0.0.0.0}$  の最小値を最小変形量とよぶ）節点の選択方法を最適な選択とするのである。図1に上記照合過程を示す。

【0044】上述のようなマッチング処理によって得られた結果が形状認識の対象となる。いま、マッチング処理の結果が図3に示す節点  $B_{0.0} \sim B_{0.4}$  と、各節点  $B_{0.0} \sim B_{0.4}$  を結ぶ線分とで表した形状になったとする。図3では対象物1の断面形状をマッチング処理の結果に重ね合わせて示してある。ここでは、一対の板材  $M_1$ 、 $M_2$  を溶接して角継手を形成する際の両板材  $M_1$ 、 $M_2$  の位置関係などを計測するのであって、板材  $M_1$ 、 $M_2$  の板厚  $t$  は既知であるものとする。この場合、継手の隙間は、図3のA寸法と板厚  $t$  との差として求めることができ、継手の段差は図3の寸法B、継手の位置は図3の点Cの座標として求めることができるのである。要するに、図4のような手順で継手の形状を計測することができる。

【0045】（実施例2）上記実施例では、入力された対象形状である点列  $S$  を折れ線近似することによって、対象形状を圧縮したが、本実施例では点列  $S$  にハフ変換を施すことによって、対象形状を得るものである。すなわち、図10（a）に示すような点列  $S$  に対してハフ変

換によって直線  $L_i$ （ $i = 0 \sim 5$ ）を当てはめ、図10（b）に示すように、各直線  $L_i$  の交点および点列  $S$  の端点を節点  $B_{k,i}$ （ $i = 0 \sim 6$ ）として採用するのである。ただし、直線  $L_i$  の交点のうち点列  $S$  の近傍範囲にないものは除去し、かつ1本の直線  $L_i$  については節点  $B_{k,i}$  を最大2個に制限することで、不要な節点  $B_{k,i}$  が得られないようにしている。ここで、ハフ変換により直線を当てはめる方法は周知であるが簡単に説明しておく。すなわち、点列  $S$  の各点にハフ変換を施して得られる極座標空間（パラメータ空間）でのハフ曲線は、各点が一直線上に存在する場合には1つの交点を持つことが知られている。したがって、ハフ曲線の交点と見なせる1点を求めれば、この1点が略一直線上に存在する点列  $S$  を代表する直線  $L_i$  を表すのであって、ハフ曲線の交点を求めることで、点列  $S$  への直線  $L_i$  の当てはめを行なうことができるのである。節点  $B_{k,i}$  が求まれば、節点  $B_{k,i}$  の間を順に結ぶ線素  $s_i$  を求めることによって、図1に示した方法と同様の方法が適用できる。すなわち、ハフ変換を用いても点列  $S$  のデータ量を圧縮することができる。他の方法については実施例1と同様である。

【0046】（実施例3）上記実施例では形状模型の各節点  $p_k$  の間を線分のみで結んでいるが、本実施例では節点の間を結ぶ線素として楕円の一部も併せて用いている。すなわち、図11に示す節点  $p_1$  と節点  $p_2$  との間は、図9に示した実施例1の形状模型では節点  $p_1 - p_2$  を結ぶ折れ線としたが、本実施例では長軸と短軸とがそれぞれ線分  $s_0$  と線分  $s_2$  との延長線であるような楕円の一部（部分楕円）である線素  $s_1$  を用いることによって節点  $p_1$  と節点  $p_2$  とを結んでいるのである。

【0047】この場合、節点  $p_1$  と節点  $p_2$  との間では、線素の長さを楕円の長径  $l_1$  と短径  $l_1'$  とで定義し、線素の傾きについては横軸に対する長軸の傾き  $\theta_1$  によって定義する。さらに、楕円の偏平度（＝短径／長径）についても標準値および許容範囲を設定しておく。他の方法については実施例1と同様である。

（実施例4）本実施例は、図12（a）に示すように、対象物1の画像として得た点列  $S$  に不連続部分  $D S$  やデータの欠落部分  $V C$  が存在する場合についての処理であり、このような場合には、点列  $S$  を折れ線近似した対象形状を求める前に、補完処理を行なって図12（b）のように点列  $S$  に連続性が得られるようにする（図12（b）に補完箇所を  $C P$  で示す）。補完処理は不連続部分の端点の間を直線で結ぶ処理であって、このような補完処理を行なえば、実施例1と同様の手順で折れ線近似した対象形状を求めることができる。他の方法については実施例1と同様である。

（実施例5）実施例1においては、追跡法を用いて対象形状を折れ線近似を行なっているが、対象形状に変動が生じた場合に、対象形状について求めた節



点  $B_{i,j}$  の個数が、形状模型の節点  $p_i$  の個数よりも少なくなることがある。このように対象形状について求めた節点  $B_{i,j}$  の個数と形状模型の節点  $p_i$  との個数が一致しないときには、マッチング処理が行なえないという問題が生じる。

【0049】そこで、本実施例では、図13(a)に示すように折れ線近似を行なった結果で得られた節点  $B_{i,j}$

( $i = 0 \sim 4$ ) の個数が、形状模型の節点  $p_i$  の個数よりも少ない場合には、図13(b)のように、隣接する各一対の節点  $B_{i,j}, B_{i+1,j}$  の間の点列  $S$  について、両節点  $B_{i,j}, B_{i+1,j}$  を結ぶ線素  $Bs_{i,j}$  との距離を求め、最大距離  $\varepsilon_i$  である点  $C_{i,j}$  を節点候補として求める。このようにして、各線素  $Bs_{i,j}$  に対して節点候補  $C_{i,j}$  を求めた後に、最大距離  $\varepsilon_i$  の大きいほうから順に、不足個数の節点候補  $C_{i,j}$  を対象形状の節点  $B_{i,j}$  として採用し、図1(c)に示すように、形状模型の節点  $p_i$  に一致する個数の節点  $B_{i,j}$  ( $i = 0 \sim 5$ ) を決定するのである。

【0050】以上の手順をまとめると、図14のようになる。すなわち、所期化 ( $i$  を 0 にする) の後、折れ線近似で求めた隣合う各一対の節点  $B_{i,j}, B_{i+1,j}$  を線素

(線分)  $Bs_{i,j}$  で順に結び、線素  $Bs_{i,j}$  の両端の節点  $B_{i,j}, B_{i+1,j}$  の間の点列  $S$  のうちで線素  $Bs_{i,j}$  からの距離が最大距離  $\varepsilon_i$  になる節点候補  $C_{i,j}$  を探す。  $i$  が節点  $B_{i,j}$  の個数 - 2 になるまで上記手順を繰り返すことによって、すべての線素  $Bs_{i,j}$  について節点候補  $C_{i,j}$  を求め、節点候補  $C_{i,j}$  のうちで最大距離  $\varepsilon_i$  が大きいほうから順に必要な個数の節点候補  $C_{i,j}$  を選択して節点  $B_{i,j}$  に加えるのである。

【0051】上述の手順を採用することにより、初めに得られた節点  $B_{i,j}$  の個数が  $N$  個であるとすれば、節点  $B_{i,j}$  の個数を最大で  $(2N - 1)$  個に増やすことが可能になる。また、節点候補  $C_{i,j}$  を用いて節点  $B_{i,j}$  の個数を増やしても形状模型の節点  $p_i$  の個数に対して不足しているときには、節点候補  $C_{i,j}$  を加えた節点  $B_{i,j}$  に対して上記手順を再度採用することで、節点  $B_{i,j}$  の個数を増やせばよい。他の手順は実施例1と同様である。

【0052】(実施例6) 本実施例は、実施例5と同様に対象形状から求めた節点  $B_{i,j}$  の個数が形状模型の節点  $p_i$  に対して不足している場合についての実施例であって、対象形状からは実施例2の手順を用いてハフ変換で節点  $B_{i,j}$  を求めている。ハフ変換によって節点  $B_{i,j}$  を求める場合に、変換後の空間(極座標空間)でのハフ曲線の交点に相当する点に対応した直線  $L_i$  を求め、図15(a)に示すように、直線  $L_i$  同士の交点や点列  $S$  の端点を節点  $B_{i,j}$  として採用しているから、点列  $S$  に含まれる点と節点  $B_{i,j}$  とは必ずしも一致しないものである。そこで、本実施例では、直線  $L_i$  の交点を節点  $B_{i,j}$  とする代わりに、図15(b)のように、点列  $S$  に含まれる点  $P_i$  のうち直線  $L_i$  の交点にもっとも近い点を節点  $B_{i,j}$  として採用するようにしている。以下の手順は実施例5

と同じであって、隣合う節点  $B_{i,j}, B_{i+1,j}$  を結ぶ線素  $Bs_{i,j}$  と点列  $S$  に含まれる点との距離が最大距離  $\varepsilon_i$  になる点を節点候補  $C_{i,j}$  とし、最大距離  $\varepsilon_i$  の大きいほうから順に、形状模型の節点  $p_i$  の個数に対する不足個数分だけ節点候補  $C_{i,j}$  を選択して節点  $B_{i,j}$  に加えるのである。このようにして、図15(c)のように形状模型の節点  $p_i$  の個数に一致するように形状模型の節点  $B_{i,j}$  を決定することができる。

【0053】上記手順をまとめると、図16のようになるのであって、図14に示した実施例5の手順との相違点は、所期化の前に、ハフ変換で求めた直線  $L_i$  の交点の近傍で点列  $S$  に含まれる点  $P_i$  を求め、この点  $P_i$  を最初の節点  $B_{i,j}$  として採用する過程を付加している部分だけである。他の手順は実施例2と同様である。

(実施例7) 本実施例は、比較的簡単な形状の形状模型を組み合わせで対象形状とのマッチング処理を行なう方法であって、対象形状の部分ごとに形状模型との照合を行うようにしている。すなわち、図17に示すように、形状模型をブロック  $B1_i, B1_j$  として対象形状と照合し、ブロック  $B1_i, B1_j$  の間を線分  $s_2$  によって結合するのである。この場合に、ブロック  $B1_i, B1_j$  間を結ぶ線分  $s_2$  を他の線分と同様に扱って長さおよび傾きについて標準値および許容範囲を設定する。形状模型を上述のように設定すれば、図18に示すように、2個の形状模型を用いて対象形状とのマッチング処理を行なうことが可能になる。他の方法については実施例1と同様である。

【0054】(実施例8) 実施例1では、対象形状と形状模型とを照合して長さ変形成分  $D1_i$  および角度変形成分  $Ds_i$  を求める際に、図19(a)のように、長さ  $l_i$  や傾き  $\theta_i$  が許容範囲内であれば長さ変形成分  $D1_i$  および角度変形成分  $Ds_i$  を 0 に設定していたが、本実施例では、図19(b)のように、許容範囲内であっても標準値以外であれば標準値からの差に比例した値を与えるようにしたものである。すなわち、長さ変形成分  $D1_i$  および角度変形成分  $Ds_i$  として、許容範囲の内外にかかわらず、標準値との差に比例した値を与えるのであるが、許容範囲内では許容範囲外よりも比例係数を小さく設定しているのである。このように、許容範囲内であっても標準値との差に応じた値を与えることによって、標準値との差を実施例1よりも厳密に評価することができ、認識精度の向上を図ることができるのである。他の方法については、実施例1と同様である。

【0055】(実施例9) 実施例1では、形状模型について許容範囲を設定していることで変形可能な形の形状模型が設定されていることになる。したがって、実施例1のように、マッチング処理の際に変形量  $E_{i,j,k}$  が最小になるような節点を選択するようにした場合に、対象形状が形状模型に対して大幅に異なっていたとしても、形状模型に対象形状が一致する場合が生じる。そこで、

本実施例では、最小変形量が形状模型に対する対象形状の相違の程度を示す点に着目し、対象形状の形状模型との一致度の指標として変形量  $E_{i,j,k}$  を用いている。すなわち、最小変形量に対するしきい値を設定し、最小変形量がしきい値よりも大きければ、対象形状の形状模型に対する一致度が低いと判断するのである。

【0056】たとえば、図20に示すように、対象物1が一对の板材  $M_1$ 、 $M_2$  を溶接して形成した角継手であるとして、図20のイ、ロの位置に光切断法による切断線が形成されている場合の点列  $S$  と点列  $S$  から求めた節点  $B_{i,j}$  とが、それぞれ図21(a)(b)のようであったとする。ここで、図9のような形状模型と照合するとすれば、図21(b)の対象形状では形状模型の変形をほとんど必要とせず、図21(a)の対象形状では形状模型の大幅な変形が必要になる。すなわち、図21

(a)の対象形状は図21(b)の対象形状に比較して最小変形量が大幅に大きくなるのである。そこで、図20の角継手について光切断法で切断線を上から下に走査するものとして、角継手の開始点を検出するような場合には、図22に示すように、最小変形量に対するしきい値  $E_s$  を設定し、最小変形量がしきい値  $E_s$  以下になったときに、角継手の開始位置であると判定することが可能になる。ここに、図22におけるイ、ロの位置は図20のイ、ロの位置に対応する。しきい値  $E_s$  は高く設定すれば、図20のイ位置に近い位置を角継手の開始点として検出することができ、低く設定すれば図20のイ位置から遠い位置を角継手の開始点として検出することができる。したがって、しきい値  $E_s$  については実験結果に基づいて角継手の開始点が適切に検出させるような値を決定する。他の手順については実施例1と同様であるから説明を省略する。

【0057】(実施例10) 実施例9のように最小変形量を用いれば対象形状と形状模型と全体的な一致度を評価することはできるのであるが、変形量  $E_{i,j,k}$  は3種類の成分の重み付き総和として求められているから、局所的な形状の相違を厳密に評価することはできないものである。

【0058】そこで、本実施例では、実施例1で図3、図4を用いて説明したように、形状模型の節点  $p_i$  と対象形状の節点  $B_{i,j}$  との照合結果として対象物1の位置関係が得られることを利用し、対象物1の位置関係を表す数値の少なくとも一部を評価値とし既定の評価基準と比較することによって、形状模型と対象形状との一致度の評価を行なうようにしているのである。

【0059】たとえば、角継手の形状を認識して溶接を行なう場合について説明すると、図4の手順で得られる図3に示した寸法  $A$ 、 $B$  を評価値とし、これらの寸法  $A$ 、 $B$  については不良を生じることなく溶接することができる許容範囲が、実験結果によって、 $A_{min} < A < A_{max}$

$B_{min} < B < B_{max}$

としてわかっているときに、上記許容範囲を評価基準としておけば、寸法  $A$ 、 $B$  によって対象形状の形状模型に対する一致度の評価を行なうことができることになる。この方法では、局所的な形状の相違までも厳密に評価することができ、とくに溶接等の実際の作業を行なうことができるか否かの判定に役立つのである。すなわち、寸法  $A$ 、 $B$  が許容範囲を逸脱しているときには、溶接作業を禁止するように判断することが可能になる。

10 【0060】上記手順をまとめると、図23のようになる。すなわち、まず対象形状を形状模型と照合し、その結果に基づいて評価値となる寸法  $A$ 、 $B$  を求める。次に、寸法  $A$ 、 $B$  について許容範囲内か否かの評価を行ない、寸法  $A$ 、 $B$  について許容範囲の上限値と下限値とのいずれかでも逸脱しているときには対象形状と形状模型とは一致しないと判定する。また、寸法  $A$ 、 $B$  が許容範囲内であれば、対象形状と形状模型とは一致すると判定するのである。他の手順については実施例1と同様である。

20 【0061】(実施例11) 実施例1の方法では、対象形状について形状模型の節点と同数の節点を選択するすべての組合せについて上述した変形量  $E_{i,j,k}$  を求めるようにしていたから、対象形状に含まれる節点の個数が多い場合には、処理時間が増大する場合がある。そこで、本実施例では、処理時間の増大を抑制する方法として、動的計画法を用いている。すなわち、実施例1のようにすべての節点について一度で最適化するのではなく、段階的に最適化することによって計算量の低減を図っているのである。いま、図24のように、形状模型の節点  $T_{p_0} \sim T_{p_5}$  と対象形状の節点  $p_0 \sim p_5$  について動的計画法で照合するものとする。

30 【0062】この動的計画法では、図26に示すように、各線分ごとに順に最適化を行なうのであって、まず節点  $T_{p_0}$  と節点  $T_{p_1}$  との間の線分に適合する可能性の高い線分を対象形状から探し出す。すなわち、図25(a)に示すように、まず節点  $p_0$  または節点  $p_1$  を節点  $T_{p_0}$  に一致させたときに形状模型に近い線分が得られる節点  $p_1 \sim p_5$  の候補を選択する(この処理は評価関数によって評価する)。次に、図25(b)のように各候補の節点  $p_1 \sim p_5$  を節点  $T_{p_1}$  に一致させたときに、節点  $T_{p_2}$  までの線分との一致度を評価して、候補となる節点  $p_2 \sim p_5$  を選択する。このような2段階の評価によって図25(c)に示すように、節点  $T_{p_1}$  に一致する可能性のある節点  $p_1$ 、 $p_2$  を2個に絞ることができる。以下同様にして評価を行なえば、図25(d)のように形状模型の節点  $T_{p_0} \sim T_{p_5}$  との一致の程度がもっとも高い節点  $p_0 \sim p_5$  を選択することができるのである。

40 【0063】節点  $T_{p_0} \sim T_{p_5}$  と節点  $p_0 \sim p_5$  との一致の程度の評価は、上述したように、第1線分(線分



$T p_0, T p_1$  ) の最適化、第 1 線分と第 2 線分 ( 線分  $T p_1, T p_2$  ) の組み合わせの最適化というように逐次進むのであって、たとえば、図 2 7、図 2 8 に示すように、対象形状と形状模型との線分の距離の平均値、長さ変形成分、角度変形成分を求め、変形量としても重み付き総和を求める。この変形量が最小になるような節点  $p_0 \sim p_2$  を求める節点とするのである。図 2 7 は第 1 線分、図 2 8 は第 1 線分と第 2 線分との組み合わせでの最適化を示す。

【0064】以上のようなマッチング処理を行えば、計算量が大幅に低減され、高速な処理が可能になる。他の方法については実施例 1 と同様である。

( 実施例 1 2 ) 本実施例は、変形量に対してしきい値を設定することによってマッチング処理における計算量を低減したものである。すなわち、実施例 1 のマッチング処理において求められる変形量や実施例 1 1 のマッチング処理の過程で累積される変形量が規定したしきい値を超えたときに、対象形状から選択した節点は形状模型の節点に一致する点ではないと判断し、計算を打ち切って次の節点について計算を行なうようにしている。このように、変形量の演算過程で適合しない節点については演算を打ち切るようにしているから、計算量が低減されて処理速度が高速化されるのである。

【0065】ここで、変形量に対するしきい値は、複数の対象形状について過去のマッチング処理の結果の変形量の分布を参考にしてなるべく小さな値に設定する。また、マッチング処理の過程において、設定したしきい値よりも変形量が小さい場合に、その変形量をマッチング処理でのしきい値に用いるようにしてもよい。あるいはまた、形状模型の長さや傾きについて制限範囲を設定し、対象形状から節点を選択する際に変形量を計算する過程で対象形状から求めた長さや傾きが制限範囲外になると、その変形量の計算を打ち切って次に選択した節点についての変形量の計算を行なってもよい。他の方法については実施例 1 と同様である。

【0066】( 実施例 1 3 ) 本実施例では、マッチング処理における計算量を低減するために、形状模型に関する知識を用いるものである。たとえば、図 9 に示した形状模型について、①「節点  $p_0, p_4$  はデータの左右の端に対応する」、②「節点  $p_1$  はもっとも高い位置にある」、③「節点  $p_0$  は節点  $p_1$  よりも必ず低い位置にある」というような知識を用いると、対象形状から形状模型の節点に対応する節点を選択する際に、組み合わせの数を減らすことができるのである。①と②の知識を用いると、図 2 9 ( a ) の節点  $B_{0,1}, B_{0,2}, B_{0,4}$  を選択することができる。また、③の知識を用いると、図 2 9

( b ) の節点  $B_{0,1}$  に対して節点  $B_{0,2}$  の選択範囲を小さくすることができる。他の方法は実施例 1 と同様である。

【0067】( 実施例 1 4 ) 本実施例は、形状模型における標準値や許容範囲の望ましい設定方法であって、過

去複数回のマッチング結果を利用し、各線分の長さや傾きの平均値を標準値として利用し、標準値  $\pm$  ( 所定値  $\times$  標準偏差 ) を許容範囲とするものである。このように、過去のマッチング結果に基づいて標準値や許容範囲を設定すれば、よい形状模型を設定することができる。他の方法については実施例 1 と同様である。

【0068】( 実施例 1 5 ) 本実施例は、対象物 1 の全体的な形状を認識した後に、部分の詳細な形状を認識しようとするものであって、対象物 1 の全体形状についての近似処理を行なう際に粗い近似を行なった対象形状と、全体の形状を表す形状模型とを照合して全体形状を認識し、さらに、必要部分について細かい近似を行なった対象形状と、部分的な形状模型とを照合して部分の詳細形状を認識するものである。

【0069】たとえば、図 3 0 ( a ) のような点列  $S$  について粗い近似を行なって、図 3 0 ( b ) のような略 M 字形の形状模型とのマッチング処理を行なう。次に、図 3 0 ( c ) に示すように、形状模型の節点  $p_0$  と節点  $p_1$  との間について点列  $S$  に対して対象形状の細かい近似を行ない、図 3 0 ( d ) のような形状の形状模型によってマッチング処理を行なうのである。このような処理によって、図 3 0 ( e ) に示すように部分的に詳細な形状の認識が可能になる。

【0070】このような段階的処理方法を採用すれば、対象物 1 の全体形状について詳細な形状を認識する場合に比較して、処理コストを低減することができ、かつ必要部分については詳細な形状を認識することができる。他の方法は実施例 1 と同様である。

( 実施例 1 6 ) 実施例 1 5 では段階的処理方法を採用しているが、対象形状によっては実施例 1 5 の手順を採用できないこともある。そこで、図 3 1 のようにして得られている節点  $B_{0,1}$  のうちで形状模型の節点  $p_1$  に照合する少なくとも 1 個について、図 3 2 ( a ) に示すように、点列  $S$  の中で節点  $B_{0,1}$  の近傍の所定範囲内に存在する点を順に選択してそれぞれ節点候補  $C_{0,1}$  とし、各節点候補  $C_{0,1}$  を節点として採用したときの最小変形量をそれぞれ求める。このようにして最小変形量をもっとも小さくなる節点候補  $C_{0,1}$  が見つければ、図 3 2 ( b ) に示すように、その節点候補  $C_{0,1}$  を節点  $B_{0,1}$  に代わる節点  $B_{0,1}'$  として採用して形状模型とのマッチング処理を行なうのである。

【0071】たとえば、実施例 1 のような追跡法による折れ線近似で得た節点  $B_{0,1}$  は、真の角位置に対して追跡方向にずれる傾向があるから、図 3 1 に示した節点  $B_{0,1}$  は真の位置に対して追跡方向 ( 右方向 ) にずれて位置している。そこで、求めた節点  $B_{0,1}$  を用いてマッチング処理を一度行なった後に、上述したように節点  $B_{0,1}$  から見て追跡方向とは反対側 ( 左側 ) に並ぶ点列  $S$  の所定個数の点を節点候補  $C_{0,1}$  として選択し、対象形状を  $B_{0,1} - C_{0,1} - B_{0,2} - B_{0,3} - B_{0,4} - B_{0,5}$  として形状模型と照合したときの

変形量  $E_{i,j,k}$  を計算するのである。この演算により、変形量  $E_{i,j,k}$  が節点  $B_{i,j}$  を選択した場合よりも小さくなる節点候補  $C_{i,j}$  があれば、その節点候補  $C_{i,j}$  を新たな節点  $B_{i,j}'$  として採用し、変形量  $E_{i,j,k}$  が最小になる節点候補  $C_{i,j}$  を節点  $B_{i,j}'$  として採用するのである。このような処理によって、形状対象としてよりの確な節点  $B_{i,j}$  を選択することができるのである。この手順をまとめると図 3 3 のようになる。他の手順は実施例 1 と同様である。

【0072】（実施例 17）本実施例は、それぞれ形状の異なる複数の対象物 1 が存在する場合について各対象物 1 を個別に認識する方法の例であって、図 3 4 (b) のように、対象物 1 から得た対象形状と照合する形状模型を複数種類用意しておき、これらの形状模型から変形量が最小となる形状模型を選択することによって、複数の認識対象が混在していても最適な形状模型を適合させることができるようにしたものである。

【0073】すなわち、図 3 4 (b) において、A は重ね継手、B は角継手、C は突き合わせ継手、D は T 継手に対する形状模型であって、図 3 4 (a) に示す点列 S は、各形状模型との間でマッチング処理が施される。ここで、4 種類の形状模型と点列 S との間で求めた変形量が最小となる形状模型を選択すれば、認識に最適な形状模型を用いた認識が可能になるのである。ここでは、図 3 4 (c) のように、角継手である B の形状模型が選択されるのであって、どの形状模型が選択されたかという情報を用いることによって、継手の種類を判別することができる。したがって、1 台の溶接ロボットで複数の種類の継手の溶接に対応するといった応用が可能である。他の方法については実施例 1 と同様である。

【0074】上述したように、本発明では、対象形状のうちで形状模型と同じ数の節点を選択する可能な組み合わせについて変形量を計算することによってマッチング処理を行なうから、たとえば、図 3 5 に示すように、溶接する板材を押さえるホルダ H が撮像装置 3 の視野内に入って点列 S に不要な情報が含まれているような場合や、図 3 6 に示すように、溶接線の近くに穴が開いていて点列 S が不連続部分 G が形成されているような場合を認識することができ、目的とする形状を容易に抽出して認識することができるのである。ここで、穴による不連続部分 G については、形状を認識すべき区間外であるから、上述の補完処理は行なわない。

【0075】（実施例 18）実施例 17 では、複数種類の形状模型を 1 つの対象形状に適用しているから、処理時間が長くなるという問題を有している。そこで、本実施例では、各形状模型に優先順位を設定しておき、優先順位の高い形状模型から順に対象形状とのマッチング処理を行ない、そのときの変形量  $E_{i,j,k}$  があらかじめ設定されたしきい値以下になった時点で形状模型の選択を打ち切り、そのときの形状模型を対象形状に照合す

る形状模型とするのである。

【0076】たとえば、図 3 4 に示す 4 つの形状模型の出現頻度が A, B, C, D の順に高いものとする、この順で各形状模型を図 3 4 (a) に示す対象形状と照合するのであって、図 3 7 に示すように、照合の際に変形量についてしきい値を設定しておき、各形状模型ごとに得られた最小変形量としきい値とを比較するのである。比較結果によって、最小変形量がしきい値以下になれば、そのときの形状模型を最適な形状模型としてマッチング処理を行ない、すべての形状模型について比較しても最小変形量がしきい値以下にならない場合には、最後に選択した形状模型を採用する。

【0077】図 3 4 の例では、B の形状模型を採用したときに最小変形量が最小になるから、B の形状模型に対する最小変形量の期待値よりもやや大きい値でしきい値を設定しておけば、他の形状模型を選択せずに B の形状模型を採用することができるのである。この場合、C, D の形状模型についてはマッチング処理を行なう必要がないとともに最小変形量を求める必要がなく、処理時間が短縮されることになる。

【0078】本実施例の方法は、形状模型に明瞭な差があるときにとくに有効である。また、対象形状が時系列的に順次入力されるような場合であって、形状模型の各種類に対応した対象形状の発生確率に偏りがある場合には、過去の照合結果を考慮して形状模型の優先順位を決定すれば、各形状模型を選択する回数を減少させることができ、処理時間の短縮につながるのである。他の手順は実施例 1 と同様である。

【0079】（実施例 19）上述した各実施例では、2 次元平面における対象形状と形状模型との照合を行なっているが、本実施例では 3 次元空間における対象形状と形状模型との照合を行なうように拡張した例を示す。すなわち、基本的には照合すべき特徴量の種類を増やすことによって 3 次元空間への拡張を行なっているのであって、本実施例では図 3 8 に示すように、3 次元空間内で 1 つの基準面（図では XY 平面）R を設定し、節点  $p_k$  ( $k=0 \sim 3$ ) の間を結ぶ各線分  $s_k$  ( $k=0 \sim 2$ ) を基準面 R に投影したときの Y 軸に対する傾き  $\theta_k$  ( $k=0 \sim 2$ ) と、各線分  $s_k$  の基準面 R に対する傾き  $\phi_k$  ( $k=0 \sim 2$ ) と、各線分  $s_k$  の長さ  $l_k$  ( $k=0 \sim 2$ ) とを特徴量として用いている。また、2 次元平面での特徴量と同様に、各特徴量について許容範囲

$[l_{mink}, l_{maxk}]$ ,  $[\theta_{mink}, \theta_{maxk}]$ ,  $[\phi_{mink}, \phi_{maxk}]$  と標準値  $l_{stk}$ ,  $\theta_{stk}$ ,  $\phi_{stk}$  とが設定される。標準値  $l_{stk}$ ,  $\theta_{stk}$ ,  $\phi_{stk}$  が次の関係を有することはいうまでもない。

$$l_{mink} < l_{stk} < l_{maxk}$$

$$\theta_{mink} < \theta_{stk} < \theta_{maxk}$$

$$\phi_{mink} < \phi_{stk} < \phi_{maxk}$$

上述のように特徴量の種類を増やすことによって、3 次



元空間に存在する点列  $S$  についても対象形状と形状模型との照合が可能になるのである。ここにおいて、点列  $S$  について 3 次元情報を獲得する方法としては、実施例 1 のような光切断法を用いるもののほか、複数台の撮像装置 3 を用い各撮像装置 3 の視差に基づいて 3 次元情報を得るステレオビジョンを採用することができる。このような 3 次元空間での照合を可能とすることによって、たとえば、直方体状の対象物 1 や円柱状の対象物 1 について、図 3 9 (a) に示すような点列  $S$  が得られたときに、直方体状の対象物 1 の角部を認識することが可能になる。すなわち、図 3 9 (b) のように、形状模型として直方体状の対象物 1 の 1 つの角部を節点  $p_0$  とし、この角部に隣合う 3 個の角部を節点  $p_1 \sim p_3$  とし、節点  $p_0$  と他の節点  $p_1 \sim p_3$  とを結ぶ 3 本の線分を線素  $s_1 \sim s_3$  とすることによって、節点  $p_0$  に対応した角部を認識することが可能になるのである。

【0080】本実施例のように 3 次元空間での照合を行なう場合であっても、実施例 3 と同様に部分楕円を線素  $s_k$  として用いることが可能であって、線素  $s_k$  の長さ  $l_k$  にはは長径と偏平度とを用いればよく、線素  $s_k$  を基準面  $R$  に投影したときの傾き  $\theta_k$  および線素  $s_k$  の基準面  $R$  に対する傾き  $\phi_k$  には、長軸ないし短軸を基準面  $R$  に投影したときの傾きと、長軸ないし短軸の基準面  $R$  に対する傾きとを用いればよい。他の手順については実施例 1 と同様である。

【0081】(実施例 20) 上述した各実施例では、対象形状と形状模型との画像内での座標がほぼ一致すると仮定したものであったが、対象物 1 の位置によっては対象形状は形状模型に対して平行移動や回転移動をすることになる。平行移動の場合には、線素  $s_k$  の長さ  $l_k$ 、線素  $s_k$  の傾き  $\theta_k$  が変化することはないから座標変換のみで対象形状を形状模型に照合することが可能であるが、回転移動の場合には、基準線の回転量を特定することができないから線素  $s_k$  の傾き  $\theta_k$  を求めることができないものである。すなわち、対象形状が形状模型に対して回転移動していると、上述した特徴量を用いても対象形状と形状模型とを照合することができないことになる。

【0082】本実施例では、このような問題を解決するために、図 4 0 に示すように、傾き  $\theta_k$  に代えて、隣合う一対の線素  $s_k$  が挟む角度  $\psi_k$  ( $k=0 \sim 3$ ) を特徴量に用いているのである。この角度  $\psi_k$  は対象形状が回転移動したとしても変化することがないから、回転移動している対象形状についても形状模型との照合が可能になるのである。ここに、特徴量については許容範囲  $[l_{\min k}, l_{\max k}]$ ,  $[\psi_{\min k}, \psi_{\max k}]$  と標準値  $l_{stk}$ ,  $\psi_{stk}$  とが設定される。また、標準値  $l_{stk}$ ,  $\psi_{stk}$  は、次の関係を有している。

$$l_{\min k} < l_{stk} < l_{\max k}$$

$$\psi_{\min k} < \psi_{stk} < \psi_{\max k}$$

上述のように線素  $s_k$  の長さ  $l_k$  と相対的な位置関係としての角度  $\psi_k$  を特徴量として用いることで基準線が不要になり、対象形状の方向性による拘束が除去されるのである。すなわち、図 4 1 のように、対象形状が形状模型に対して回転移動していても照合が可能になるのである。ここにおいて、角度  $\psi_k$  は、一対の線素  $s_i$  の傾き  $\theta_i$  の差として求めるようにしてもよい。すなわち、一対の線素  $s_i, s_j$  についての角度  $\psi_k$  を、 $\psi_k = |\theta_i - \theta_j|$  としてもよい。この場合に、傾き  $\theta_k$  の取り方には方向性が必要であって、たとえば各線素  $s_k$  について傾き  $\theta_k$  を求めるときに節点  $p_k$  の右側に基準線と平行線を取り、この平行線から右回りでのみ傾き  $\theta_k$  を取ったり、この平行線から右回りでは傾き  $\theta_k$  を正、左回りでは負とするように符号を付与したりする必要がある。

【0083】本実施例の技術思想は、実施例 19 のような 3 次元空間での照合にも適用可能であって、本実施例での形状模型は、図 4 2 に示すように、各線素  $s_k$  を基準面 (XY 平面)  $R$  に投影した直線の Y 軸方向に対する傾き  $\theta_k$  ではなく、節点  $p_0$  を挟んで隣合う一対の直線間の角度  $\psi_k$  で表し、また、各線素  $s_k$  について基準面  $R$  に対する傾き  $\phi_k$  ではなく、各一対の線素  $s_k$  の傾き  $\phi_k$  の差  $\delta_k$  で表すようにしてある。すなわち、2 本の線素  $s_i, s_j$  の傾き  $\phi_i, \phi_j$  の差  $\delta_k$  は、 $\delta_k = \phi_i - \phi_j$  として求めることができる。ただし、差  $\delta_k$  を求めるにあたって線素  $s_k$  が基準面  $R$  に対して負側にあるときには、傾き  $\phi_k$  に負符号を付与する。たとえば、図 4 2 に示した例では、節点  $p_0$  と節点  $p_3$  とを結ぶ線素  $s_3$  は基準面  $R$  に対して負側に位置するから傾き  $\phi_3$  は負符号になり、基準面  $R$  に対して正側に位置する線素  $s_1$  の傾き  $\phi_1$  との差  $\delta_3$  を求めると、 $\delta_3 = |\phi_3 - \phi_1| = \phi_1 + |\phi_3|$  になる。

【0084】各特徴量については、他の実施例と同様に、許容範囲  $[l_{\min k}, l_{\max k}]$ ,  $[\psi_{\min k}, \psi_{\max k}]$ ,  $[\delta_{\min k}, \delta_{\max k}]$  と標準値  $l_{stk}$ ,  $\psi_{stk}$ ,  $\delta_{stk}$  とが設定され、また、標準値  $l_{stk}$ ,  $\psi_{stk}$ ,  $\delta_{stk}$  は、次の関係を有している。

$$l_{\min k} < l_{stk} < l_{\max k}$$

$$\psi_{\min k} < \psi_{stk} < \psi_{\max k}$$

$$\delta_{\min k} < \delta_{stk} < \delta_{\max k}$$

他の手順については実施例 1 と同様である。なお、本実施例の手順は、対象形状が回転移動したことを検出する必要がある場合 (回転を不良ないし異常として検出する必要がある場合など) には、本実施例の方法を採用することができないので、そのような場合には、傾き  $\theta_k$ ,  $\phi_k$  を用いた形状模型を用いることが必要である。しかるに、傾き  $\theta_k$ ,  $\phi_k$  の差  $\psi_k$ ,  $\delta_k$  を用いるようにすれば、傾き  $\theta_k$ ,  $\phi_k$  とその差  $\psi_k$ ,  $\delta_k$  との両方をデータとして持つことが可能になり、回転移動の検出の要

否に応じてデータを選択して対象形状と形状模型との照合を行なうことが可能になる。

【0085】

【発明の効果】本発明は上述のように、対象形状が2次元平面上の点列で表され、かつ形状模型が有限個の節点と線素との組として表されているのであって、各線素の特徴量について標準値と標準値を内包する許容範囲とを設定し、対象形状に関して標準値との差および許容範囲との関係に基づいて形状模型との一致の程度を評価するので、設定された許容範囲内では一致の程度が高いと判断すれば、対象形状の特徴量が多少変動してもこの変動分を吸収することができるという利点がある。

【0086】請求項4の発明は、対象形状が3次元空間の点列で表される形状である場合への拡張であって、請求項1における2次元平面の場合と同様に扱うことができるのである。請求項2や請求項5の発明では、形状模型を節点と線素とで表し、各線素についての特徴量として傾きを用いることで、回転移動を含まない照合を行なうことができる。また、請求項3や請求項6の発明のように、各線素の間の角度を特徴量を用いることで、回転移動を含む対象形状についても照合を行なうことが可能になる。

【0087】請求項7や請求項8の発明は、特徴量について許容範囲に対する超過分や不足分を加味した変形量を対象形状と形状模型との一致程度の評価に用いるので、対象形状の形状模型に対する差異を適合・不適合といった2値的な判断ではなく、連続的な変形量として評価することができるという効果がある。しかも、特徴量について形状模型の全体で累計するから、対象形状から選択した節点により形作られる形状と形状模型との差異を全体的に評価することができるという効果を奏する。

【0088】また、対象形状の上のすべての点と形状図形との最小距離の平均値をポテンシャル変形成分として、このポテンシャル変形成分を変形量の成分として加味しているので、形状模型が許容範囲を持っていたとしても高い認識精度が得られるという利点がある。請求項9、請求項10、請求項11、請求項16、請求項17、請求項18、請求項19のような方法を採用すれば、不要な計算を除外することができマッチング処理が効率化されるという利点がある。

【0089】請求項12、請求項13の方法を用いれば、対象形状から選択した節点が照合しようとする形状模型の節点の個数よりも少ない場合に、対象形状から形状模型との照合が可能になるように節点を抽出することができるという利点がある。請求項14、請求項15の方法を用いれば、対象形状に不連続部分が含まれていても処理が可能である。

【0090】請求項14の方法によれば、形状認識の過程を複数段階に分け、最初に粗い形状認識を行なった後に、その結果を利用して詳細な形状認識が行なえるか

ら、形状認識の精度を高めることができるという効果がある。請求項23、請求項24の方法によれば、対象形状と形状模型との一致程度を評価できるという利点がある。

【0091】請求項25、請求項26の方法では、複数種類の対象形状を識別することが可能になるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の動作説明図である。

【図2】実施例1における変形量の概念を説明する図である。

【図3】実施例1におけるマッチング処理の例を示す説明図である。

【図4】実施例1におけるマッチング処理を示す動作説明図である。

【図5】実施例に用いる装置の概略構成図である。

【図6】図5に示した装置により点列を得る過程を示す図である。

【図7】実施例1の折れ線近似処理の概念を示す図である。

【図8】実施例1の点列の例を示す図である。

【図9】実施例1の形状模型の例を示す図である。

【図10】実施例2で用いるハフ変換の概念を説明する図である。

【図11】実施例3の形状模型の例を示す図である。

【図12】実施例4における点列の補完処理を説明する図である。

【図13】実施例5の処理過程の概念を示す図である。

【図14】実施例5の処理過程を示す動作説明図である。

【図15】実施例6の処理過程の概念を示す図である。

【図16】実施例6の処理過程を示す動作説明図である。

【図17】実施例7に用いる形状模型を示す図である。

【図18】実施例7の適用例を示す図である。

【図19】実施例8の変形量の概念を説明する図である。

【図20】実施例9の適用例を示す斜視図である。

【図21】実施例9の処理過程の概念を説明する図である。

【図22】実施例9の動作説明図である。

【図23】実施例10の処理過程を示す動作説明図である。

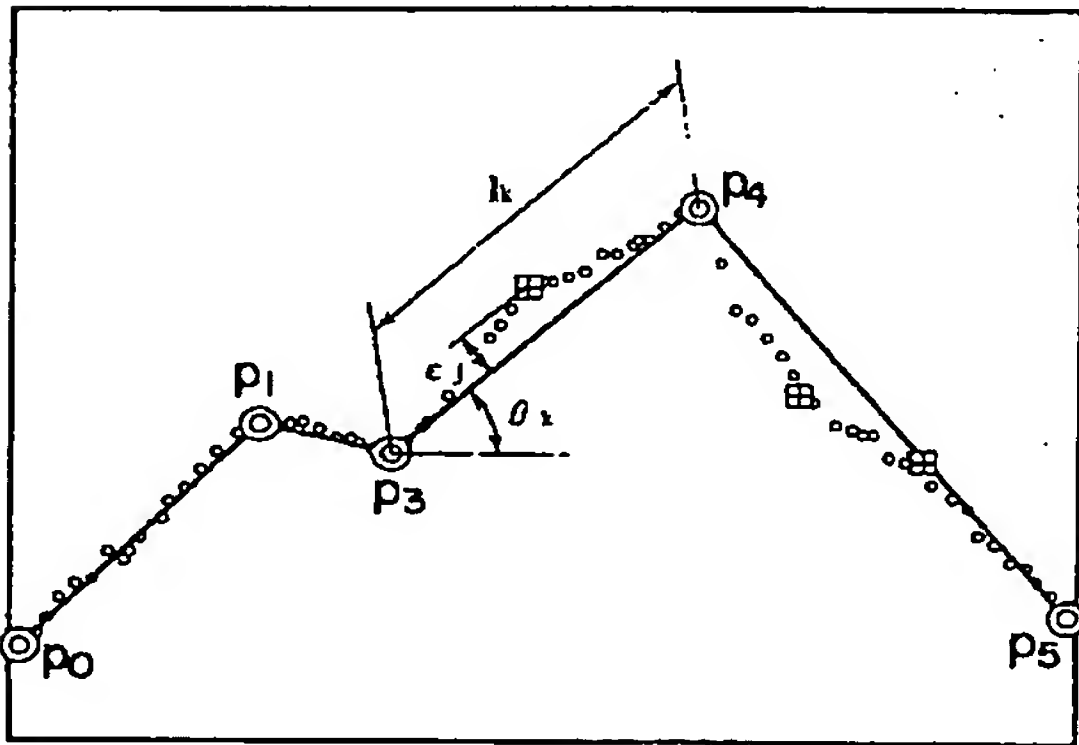
【図24】実施例11での処理結果の概念を説明する図である。

【図25】実施例11の処理過程の概念を示す図である。

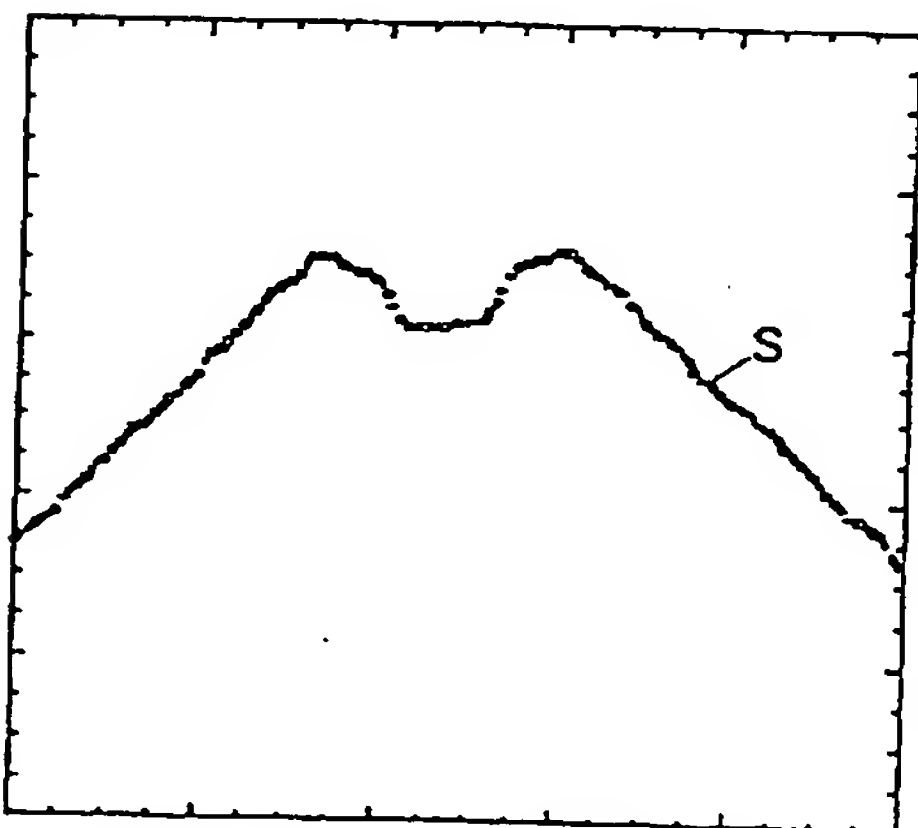
【図26】実施例11の全体の処理過程を示す動作説明図である。

【図27】実施例11の要部の処理過程を示す動作説明

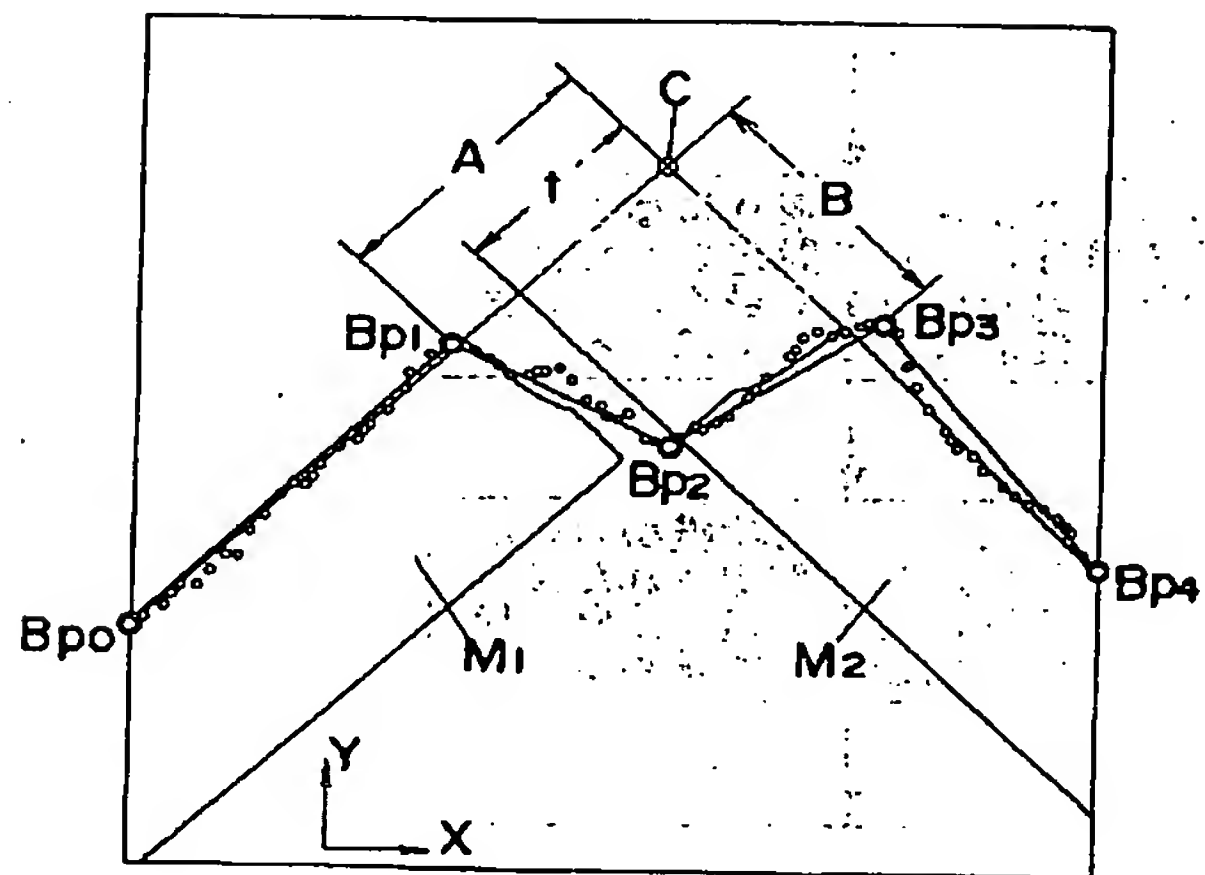
【圖 2】



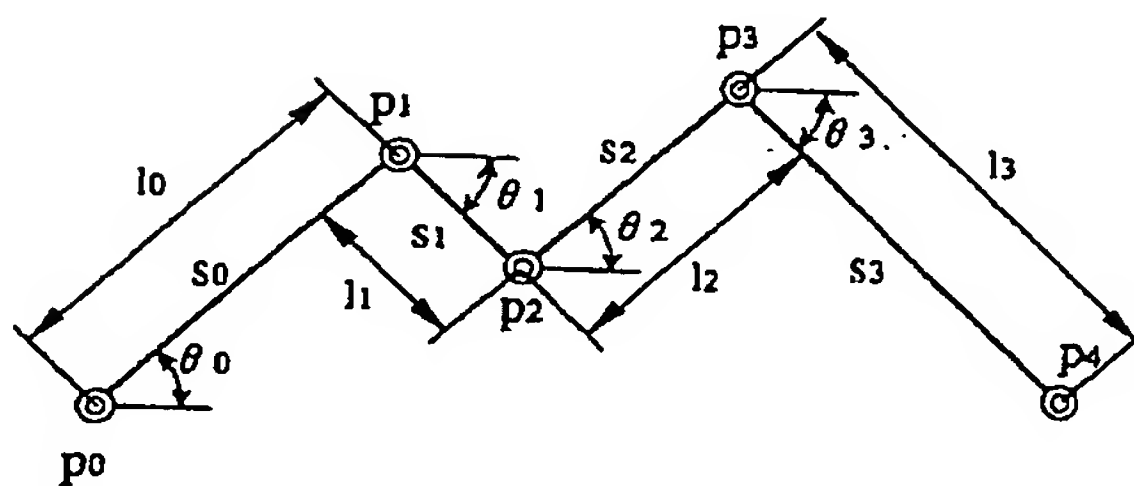
【図 8】



【圖3】

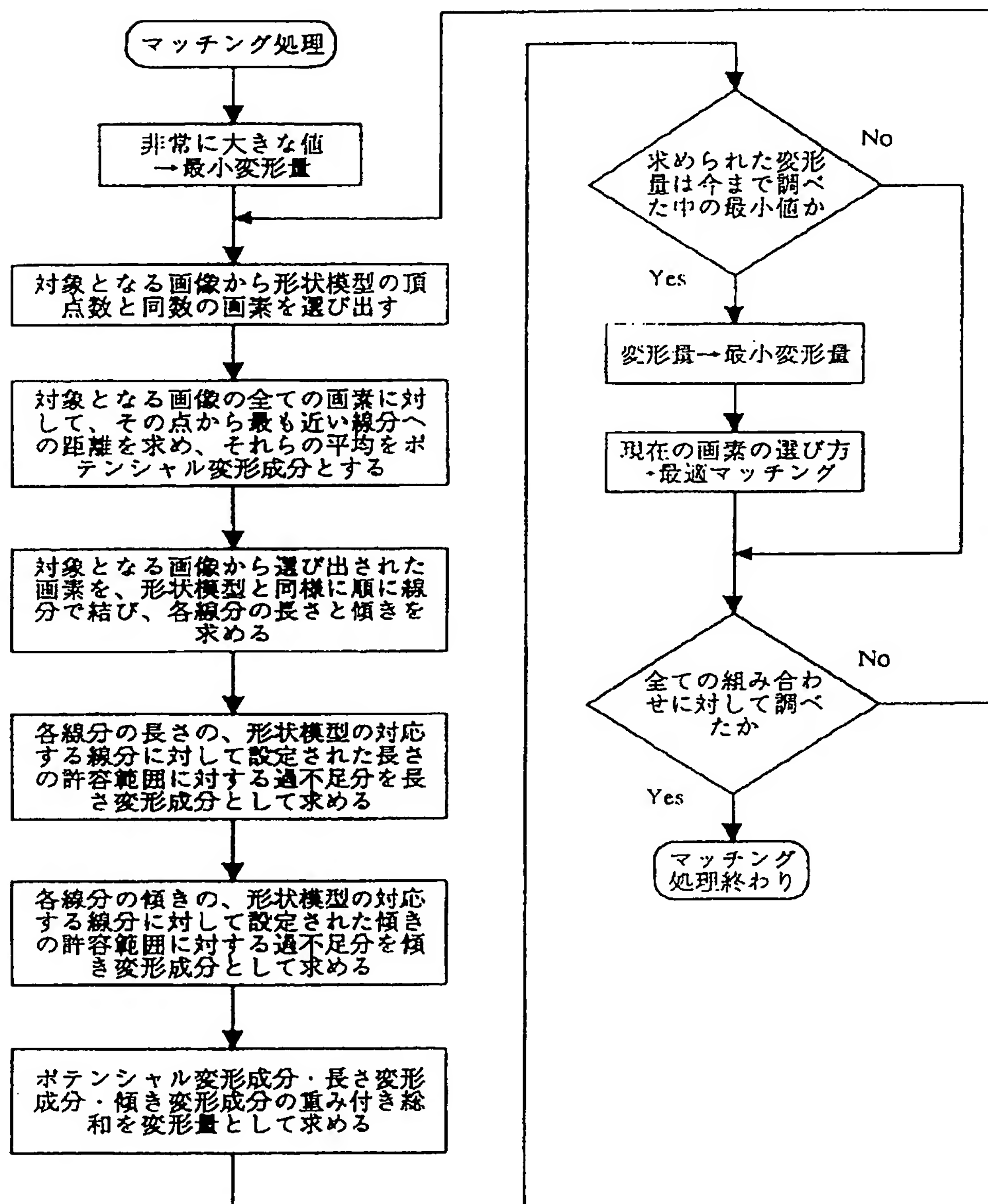


【図9】

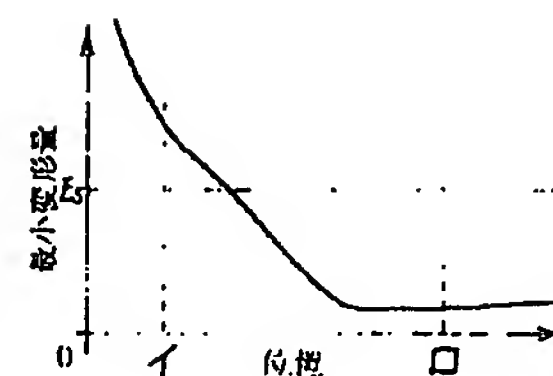




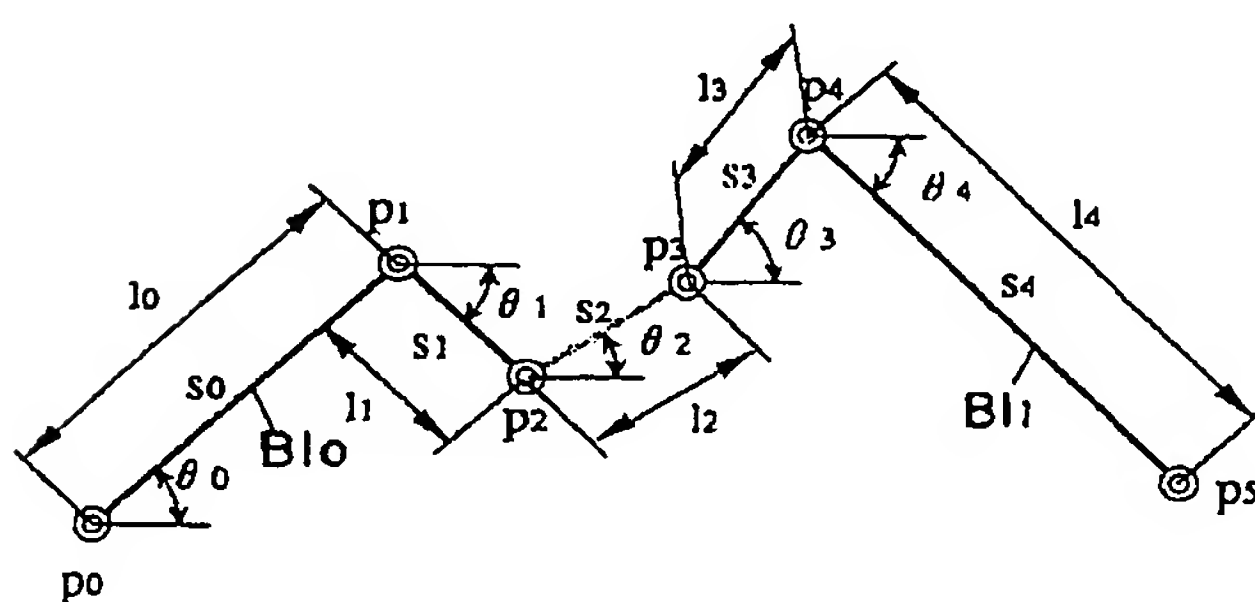
【図 1】



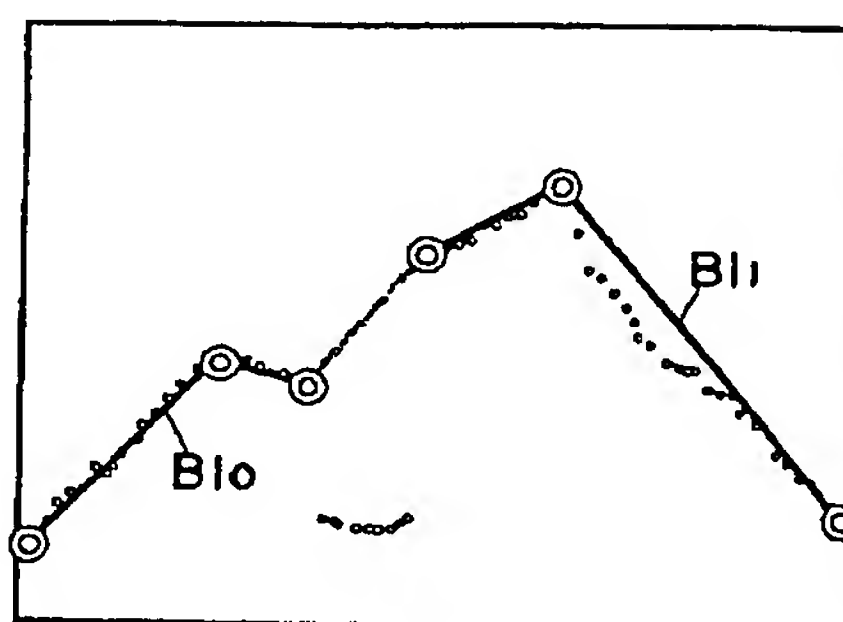
【図 2 2】



【図 1 7】

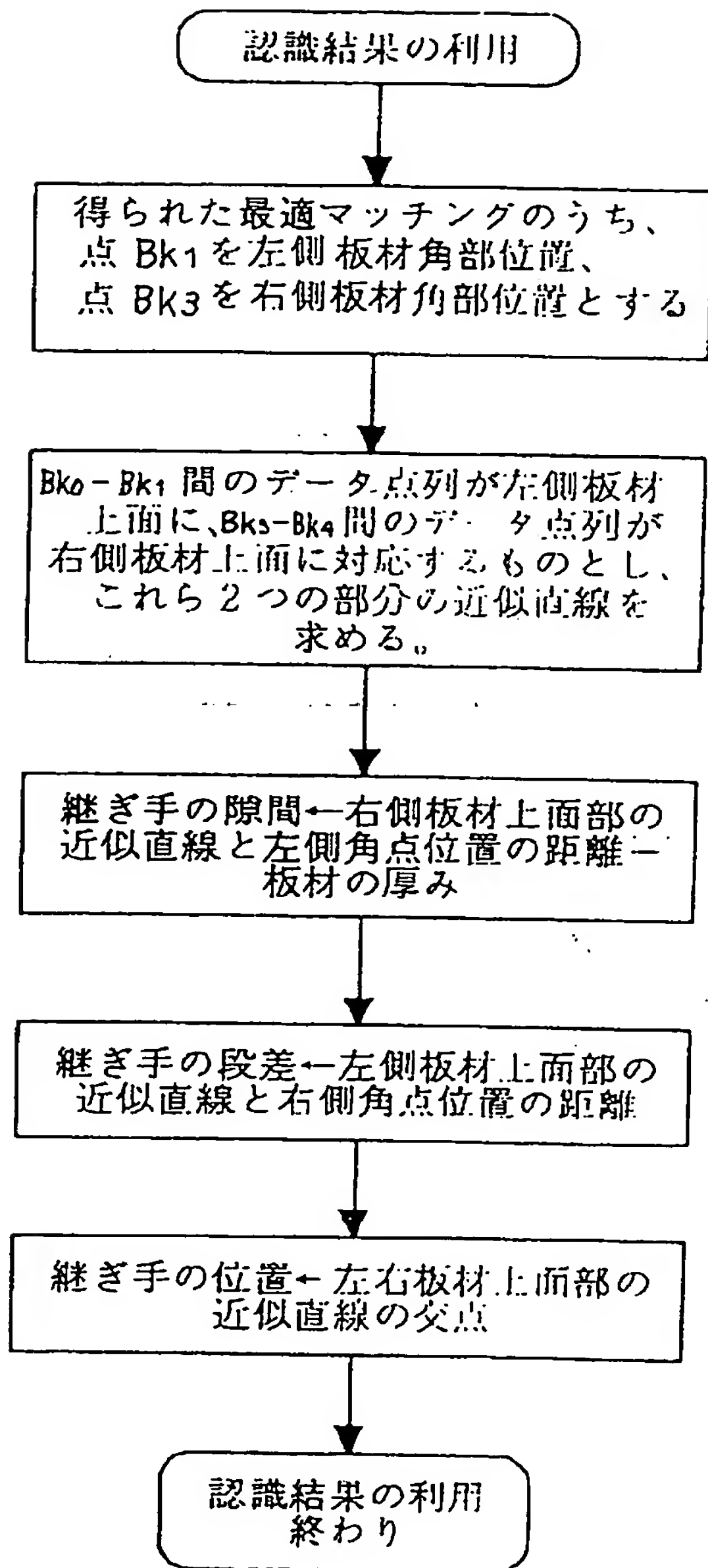


【図 1 8】

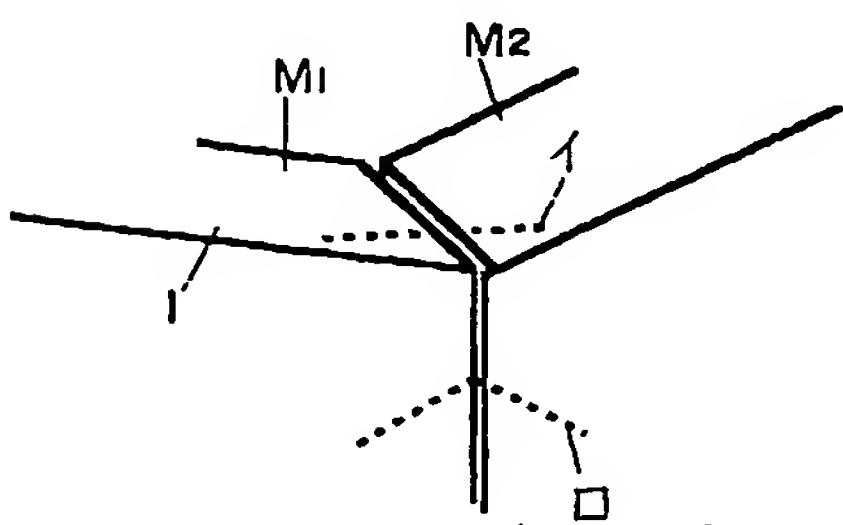




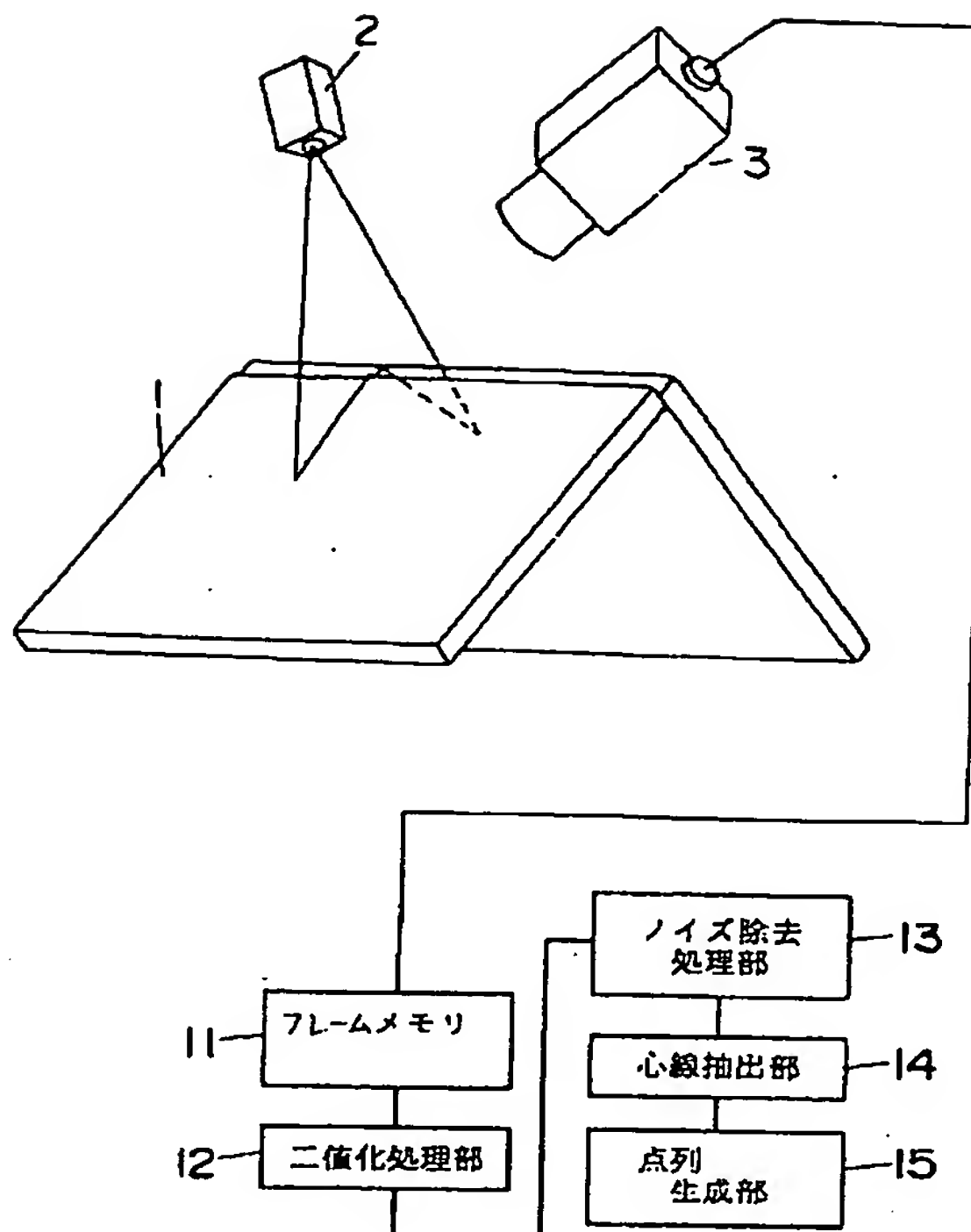
【図 4】



【図 20】

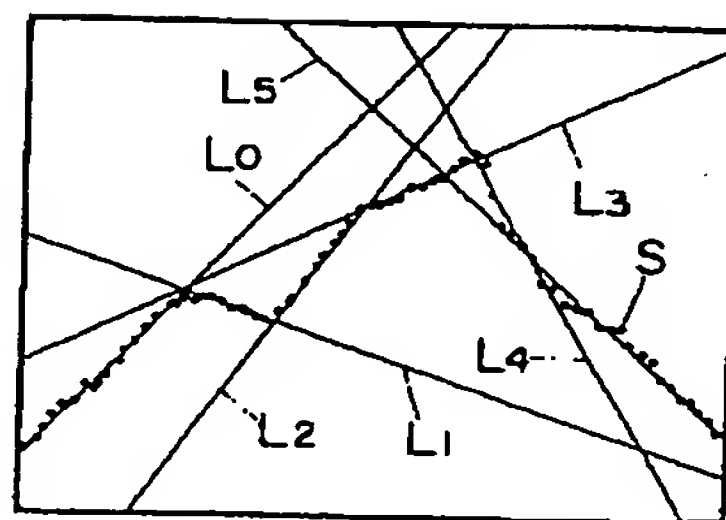


【図 5】

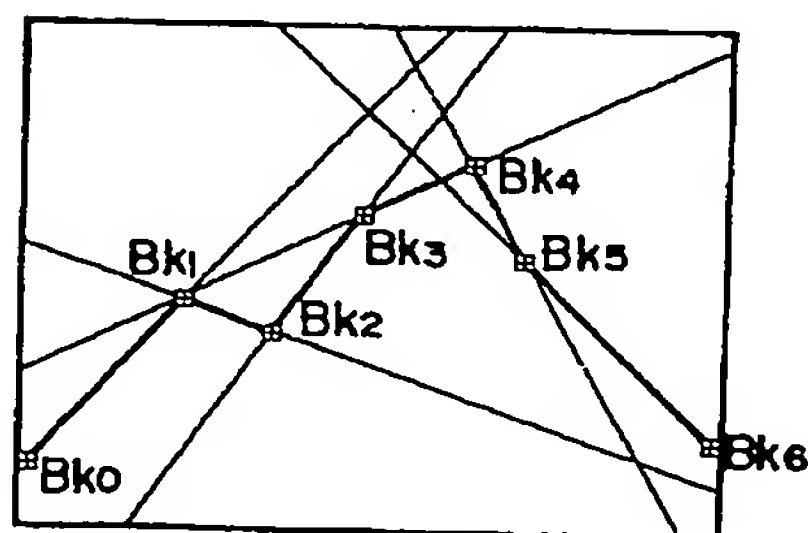


【図 10】

(a)

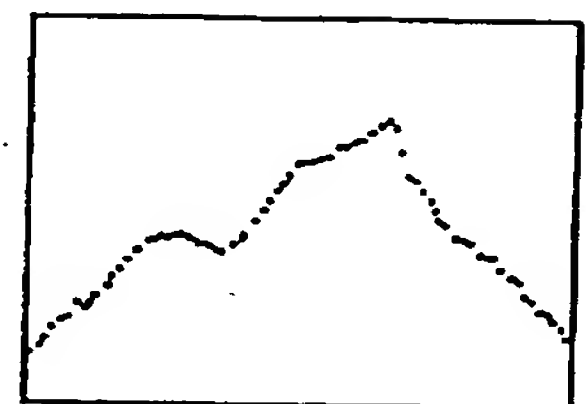


(b)

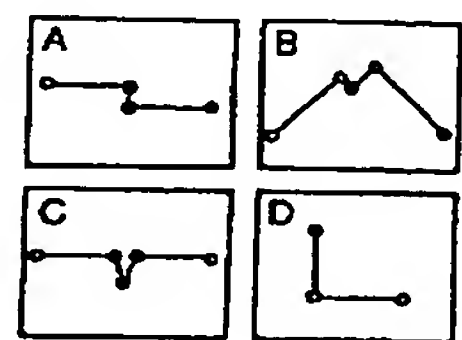


【図 34】

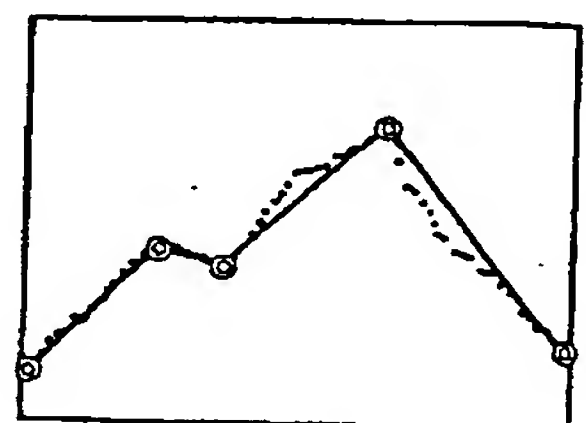
(a)



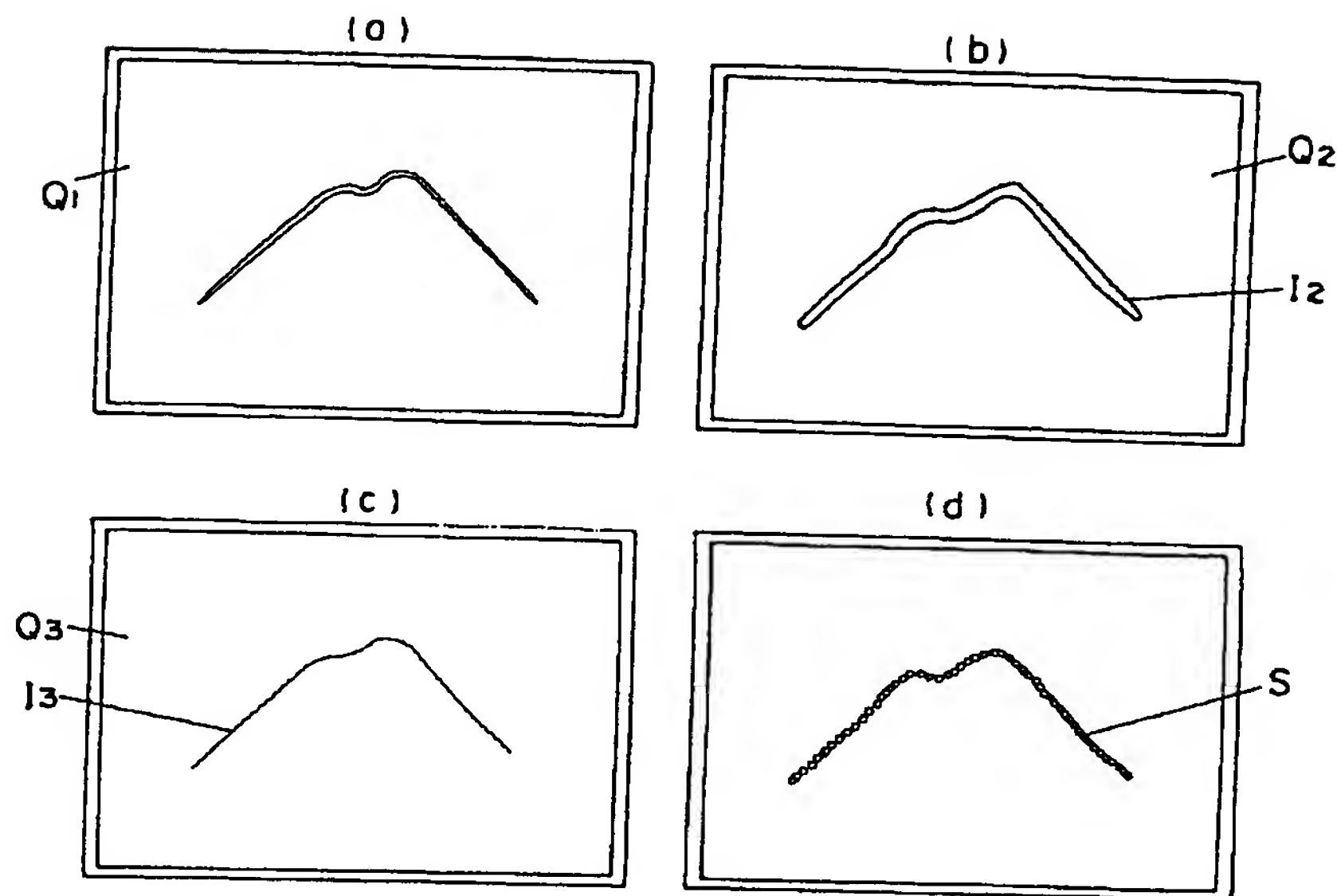
(b)



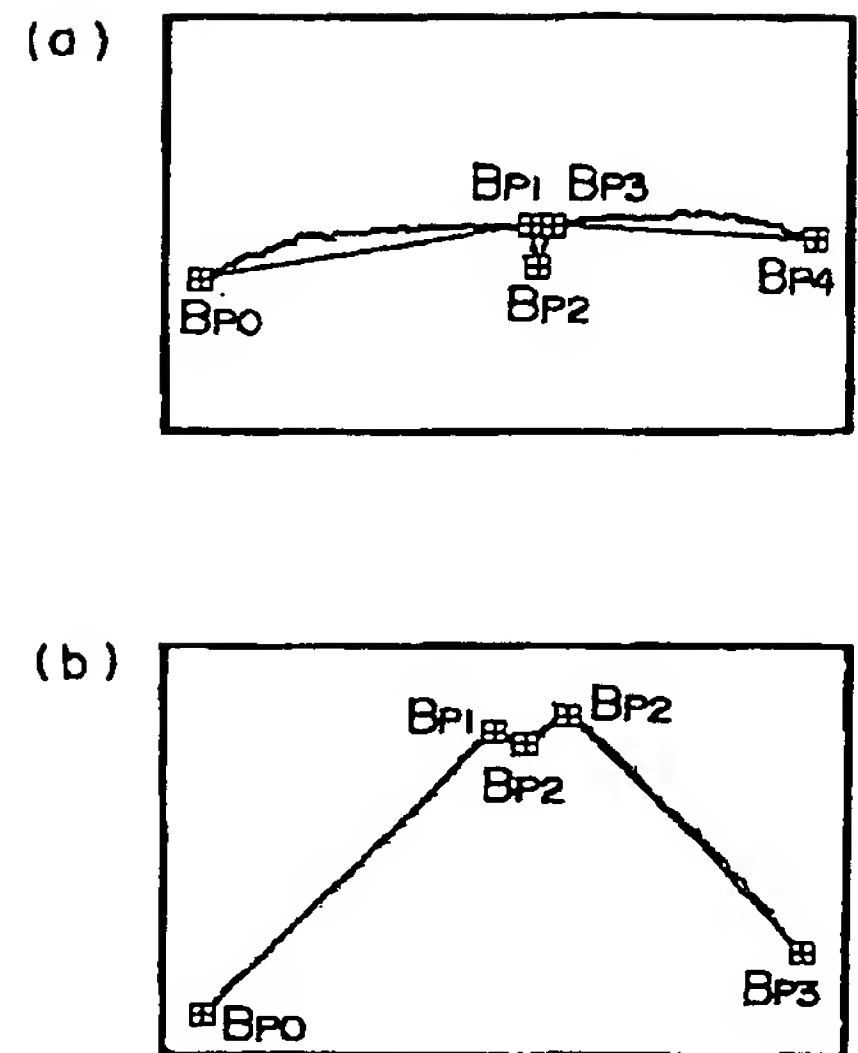
(c)



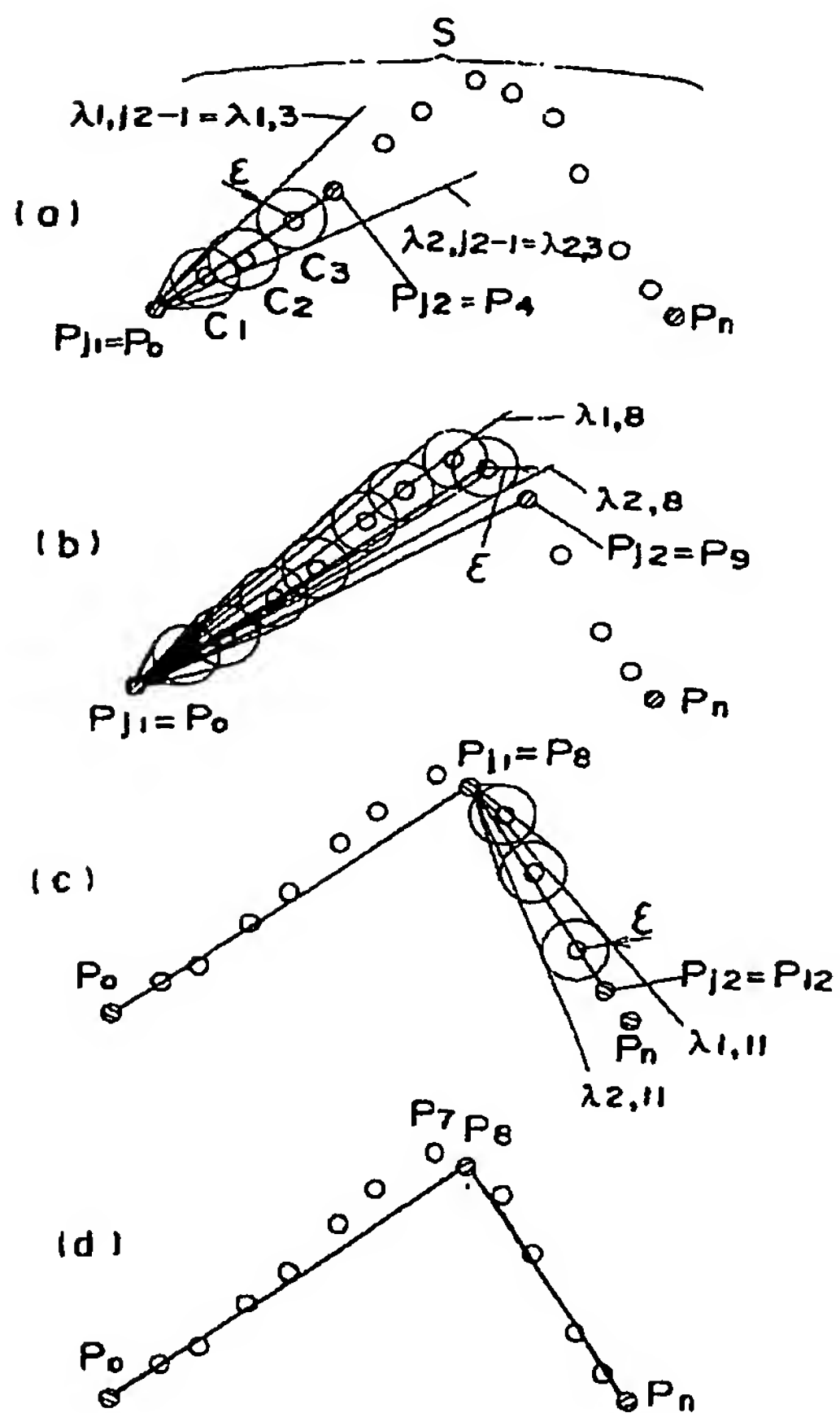
【図 6】



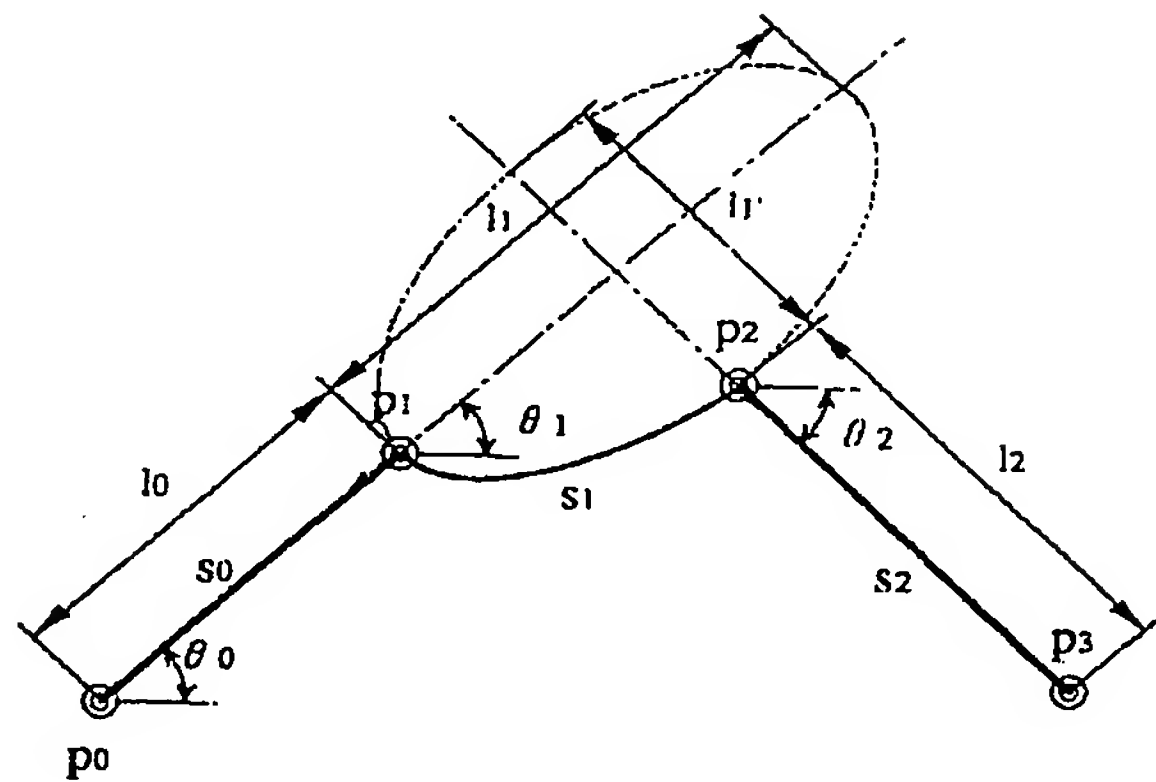
【図 21】



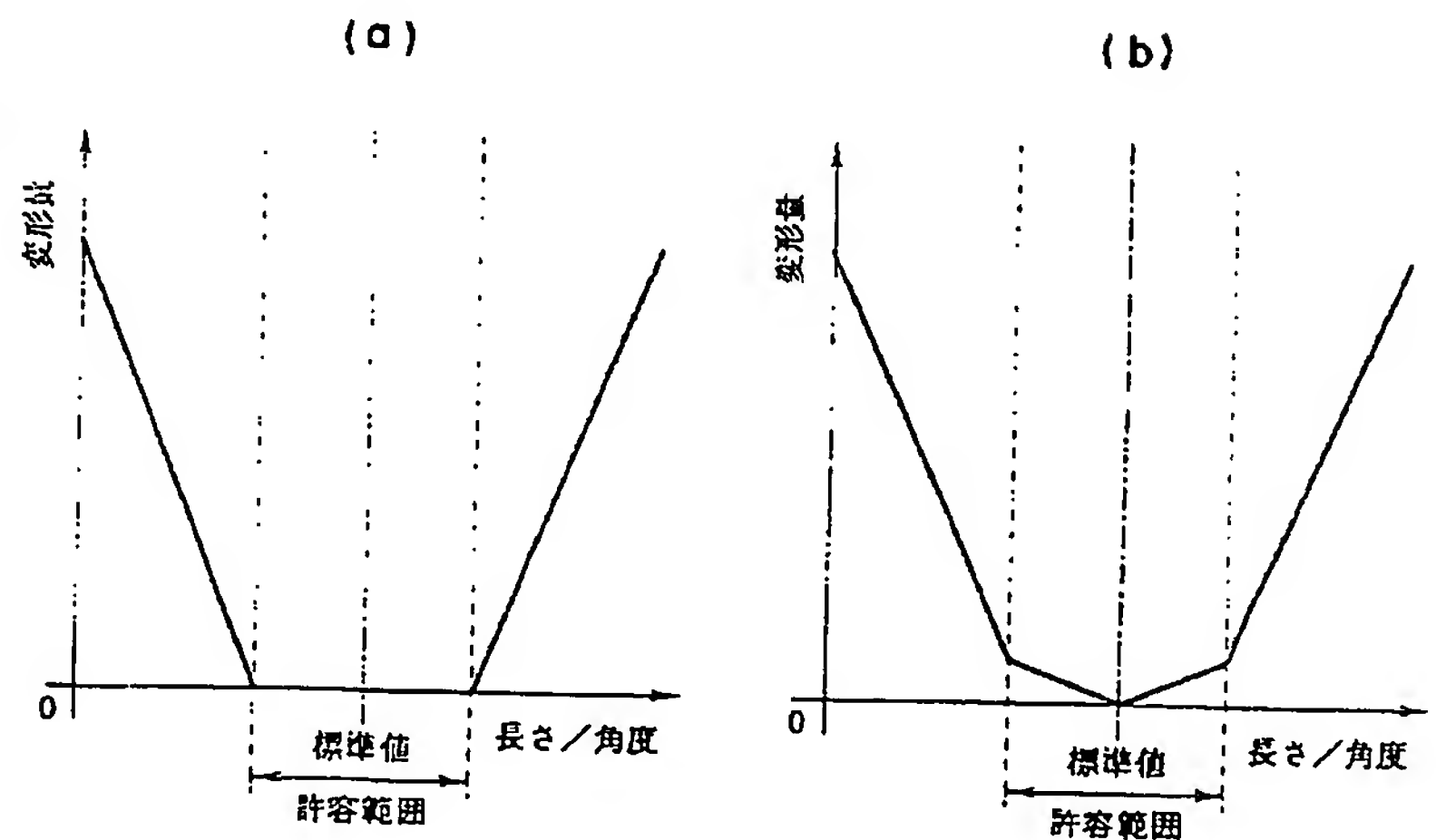
【図 7】



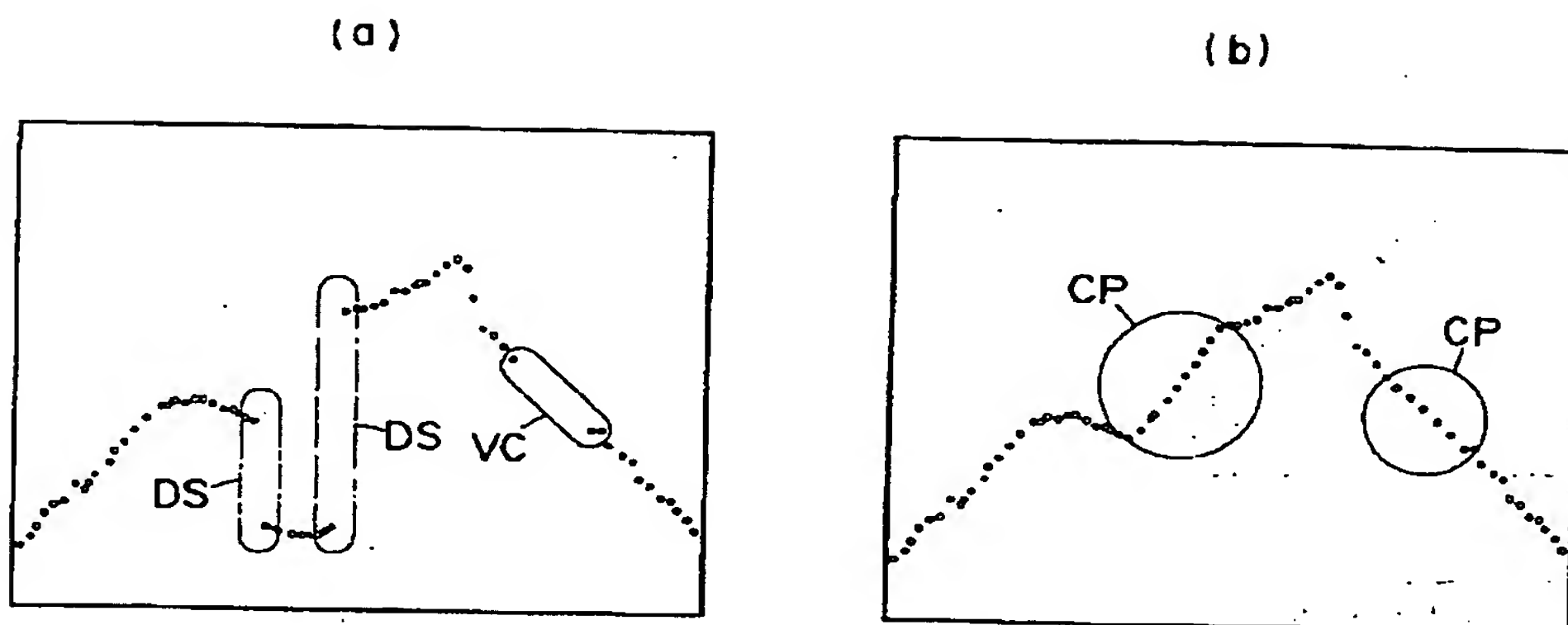
【図 11】



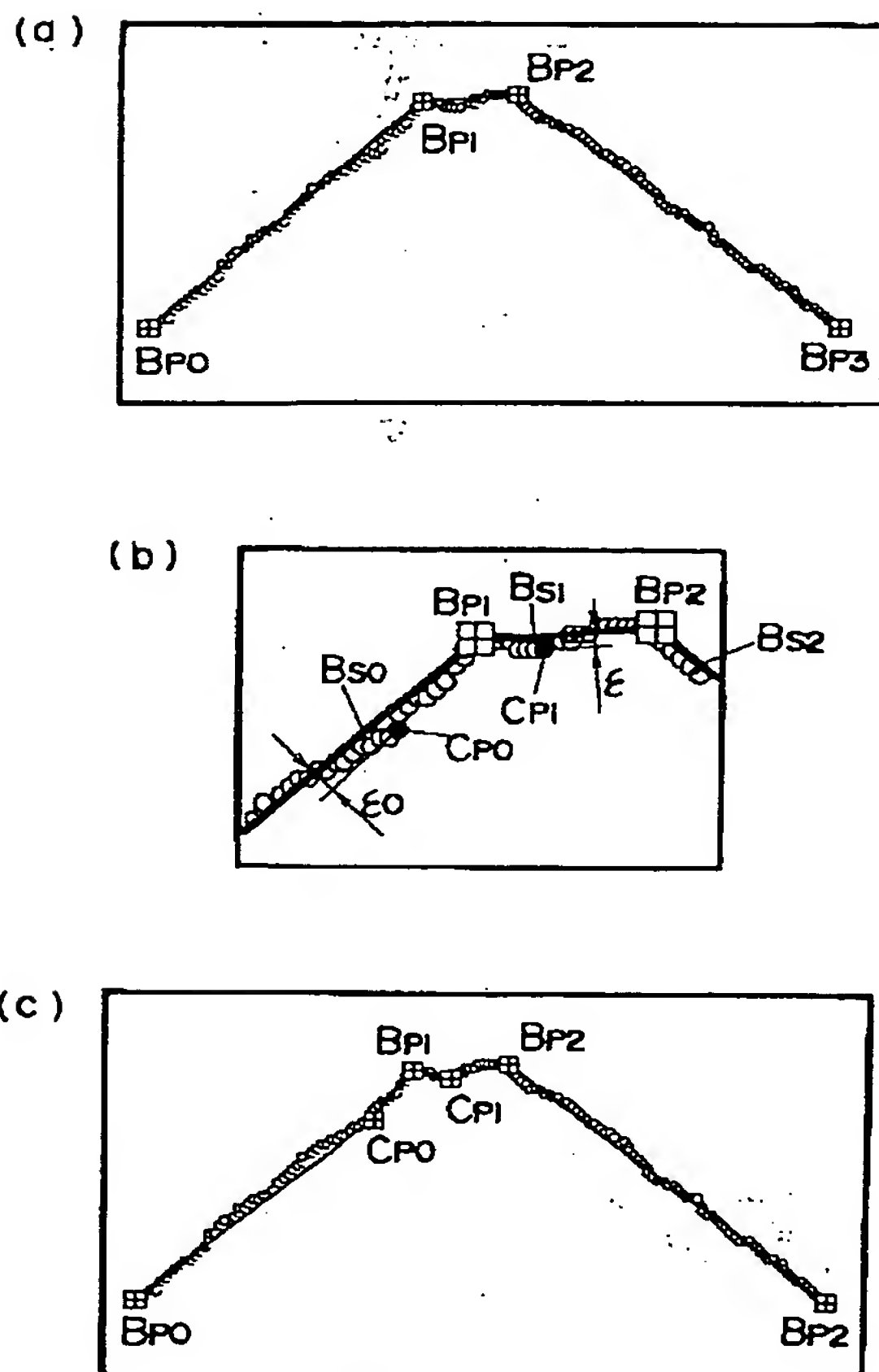
【図 19】



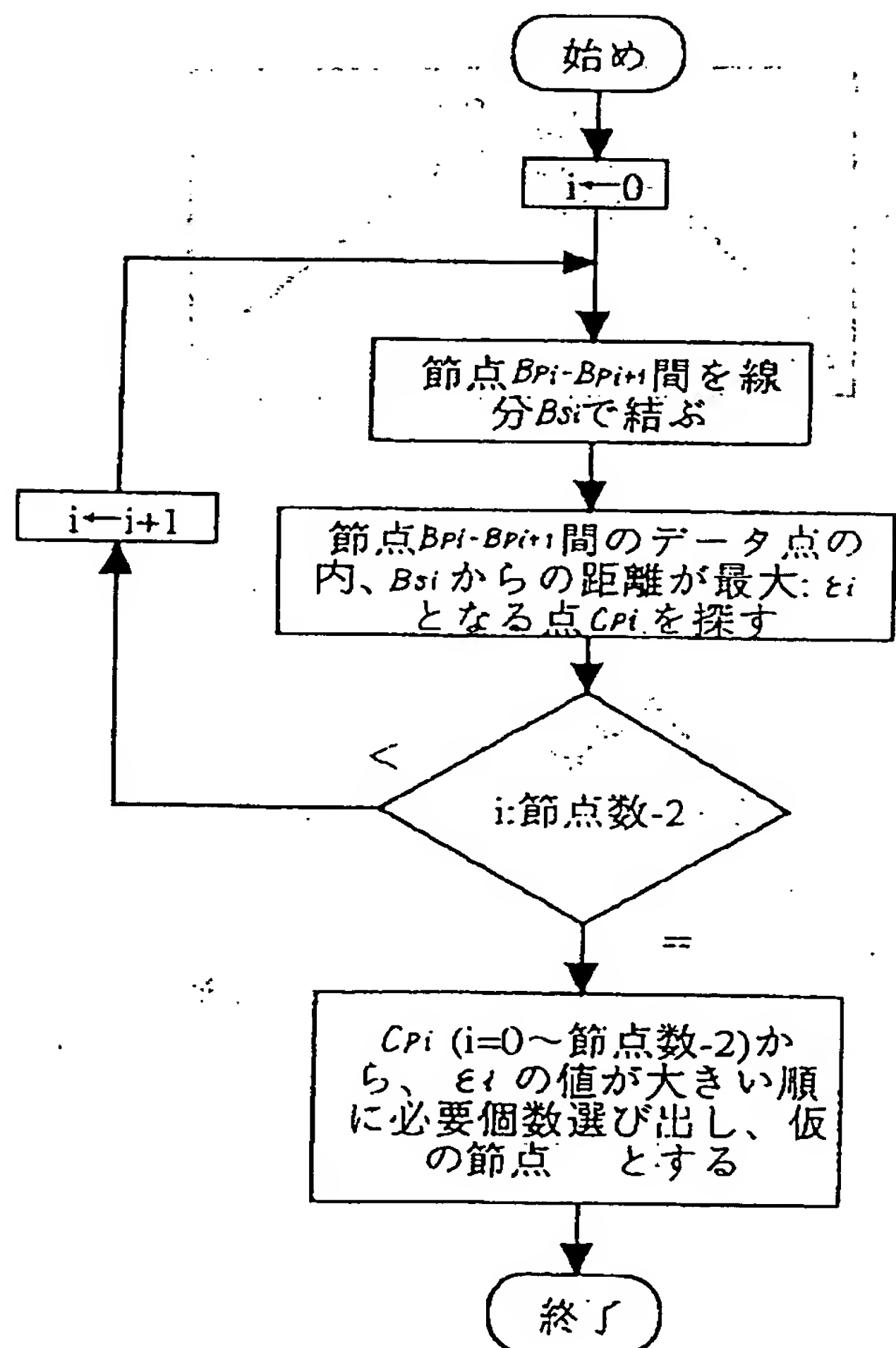
【図 1 2】



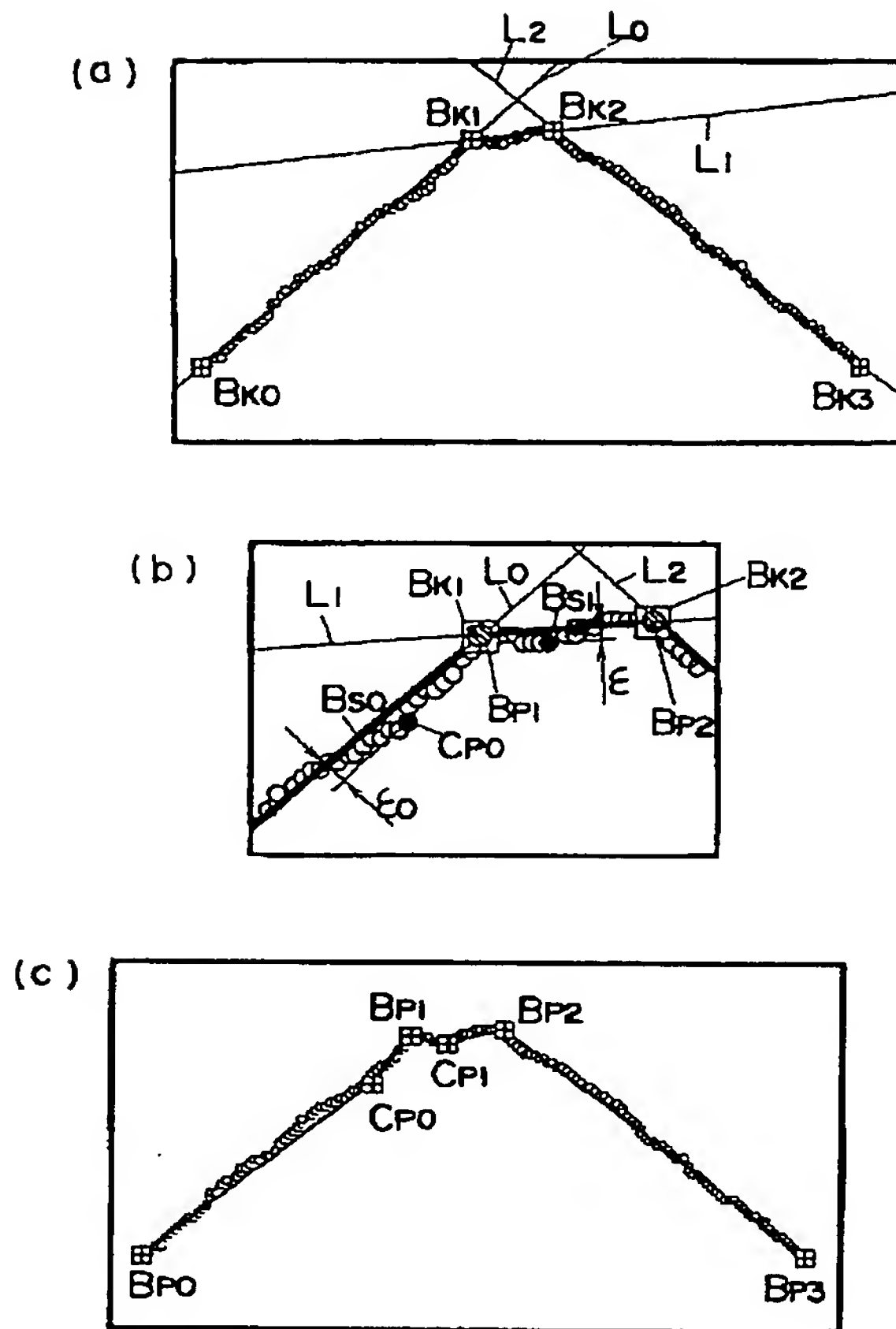
【図 1 3】



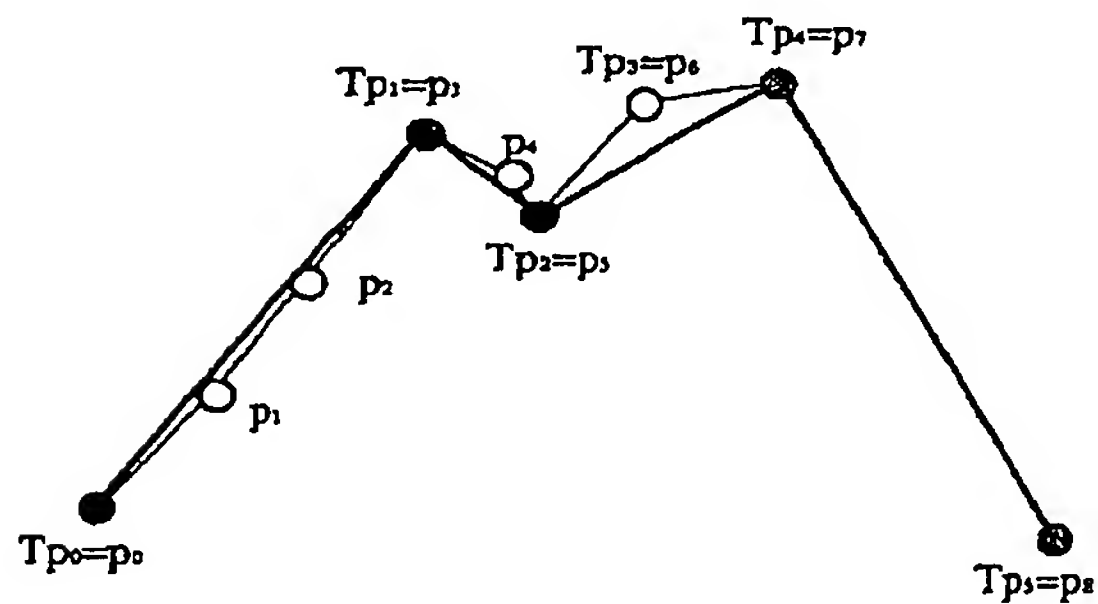
【図 1 4】



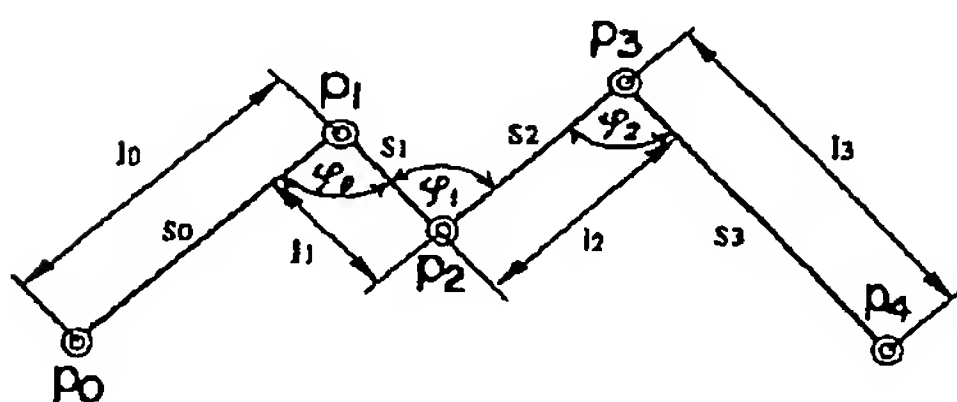
【図 1 5】



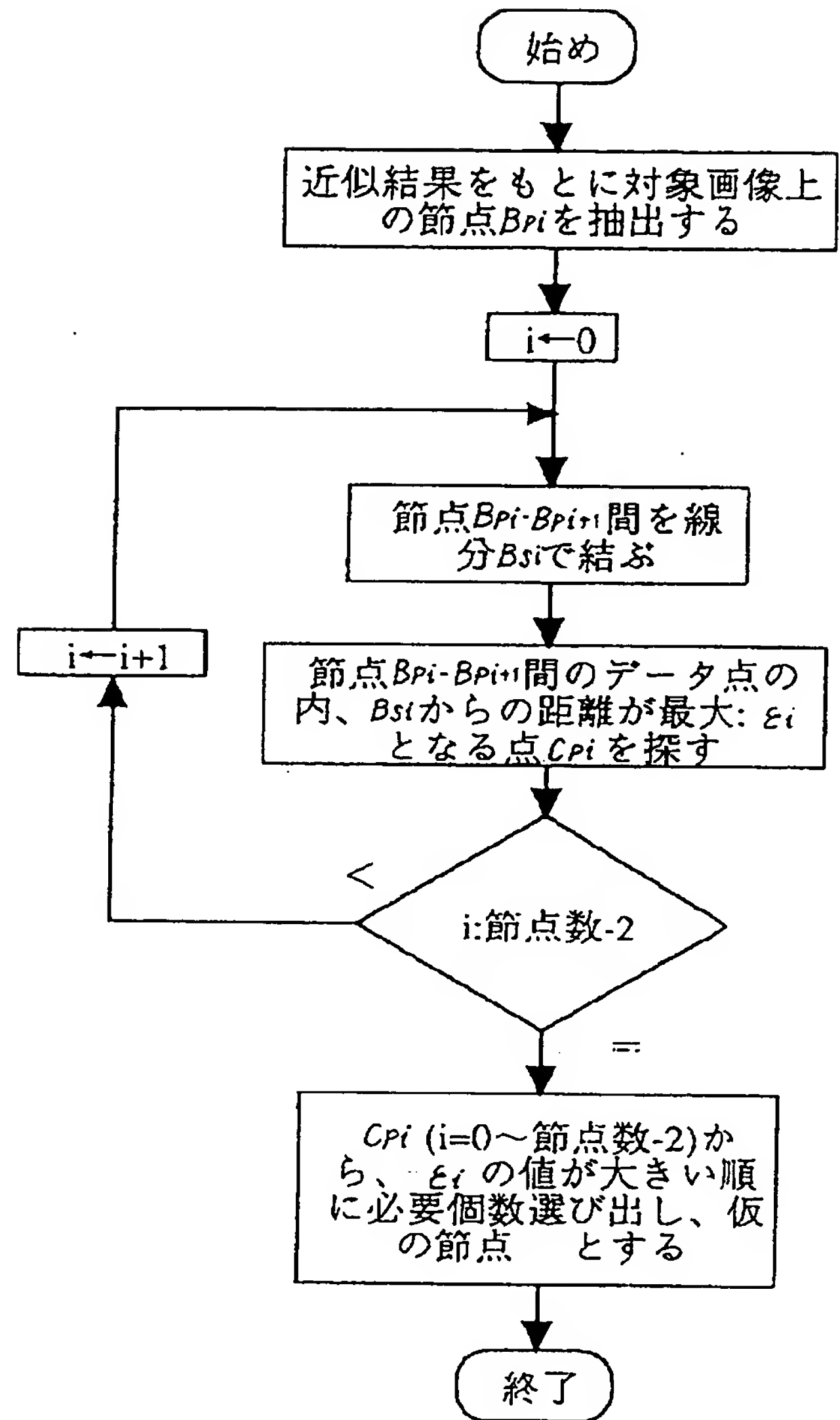
【図 2 4】



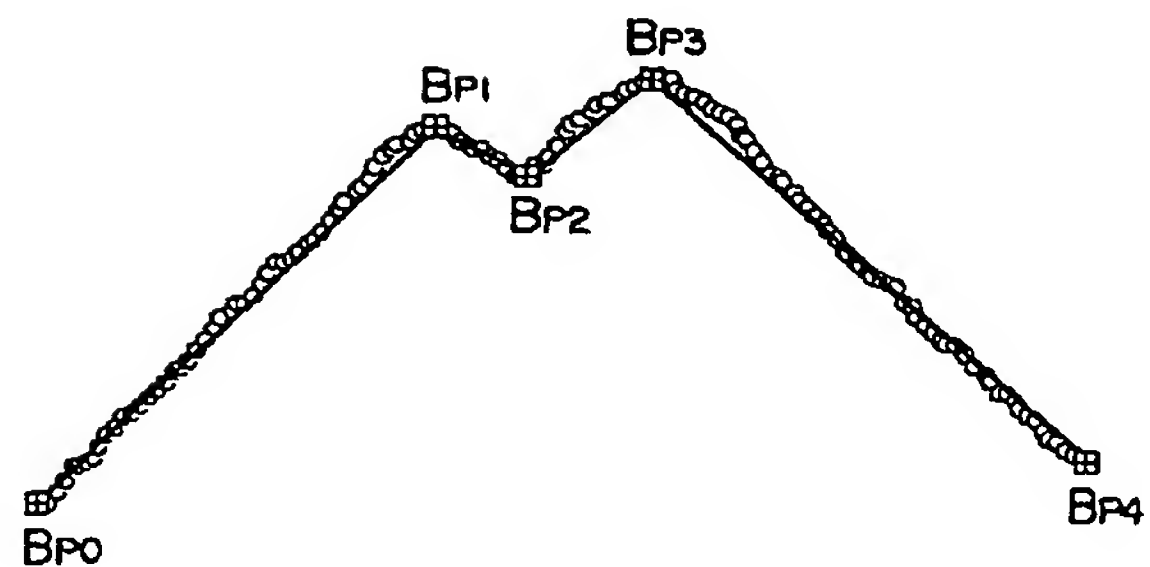
【図 4 0】



【図 1 6】

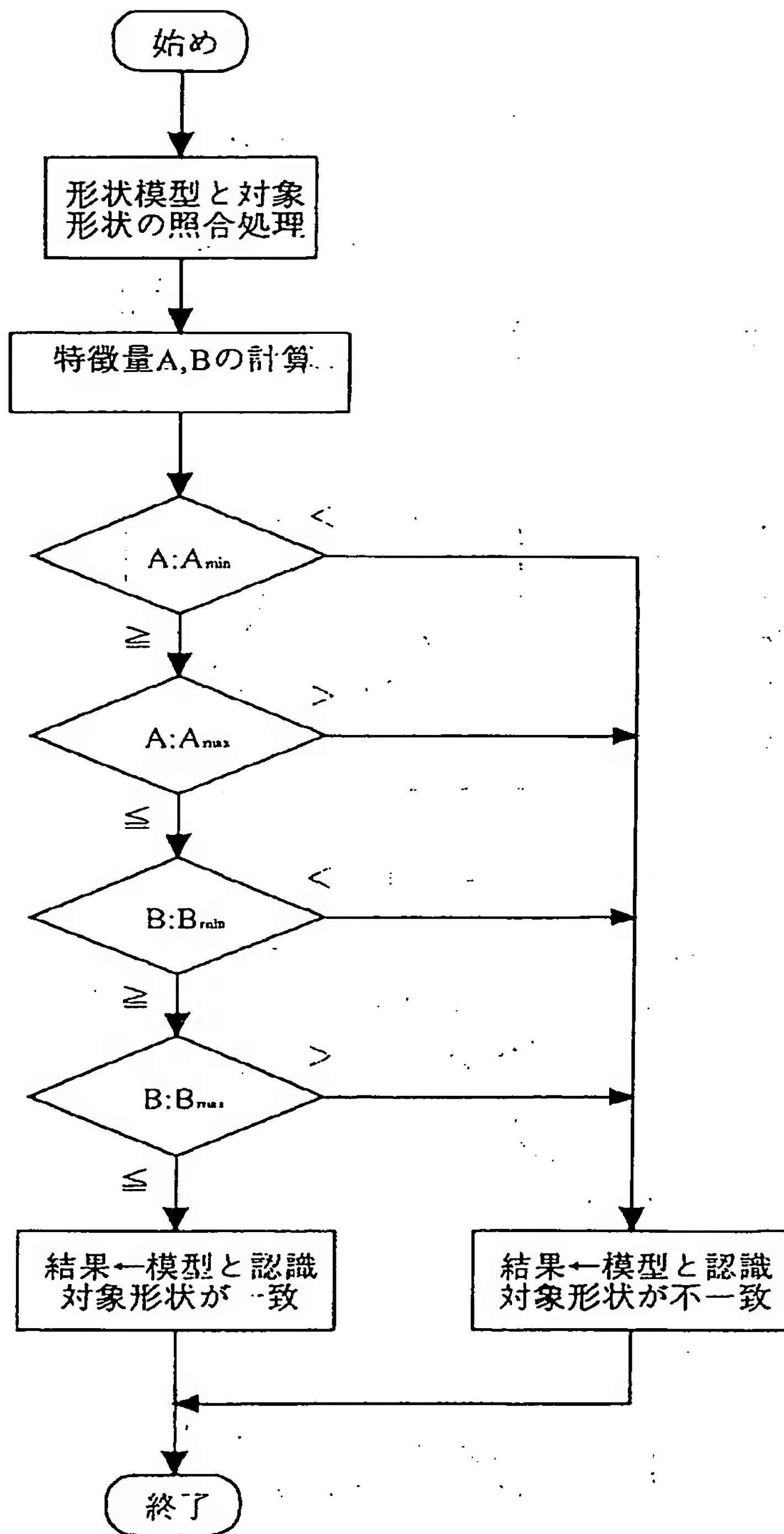


【図 3 1】

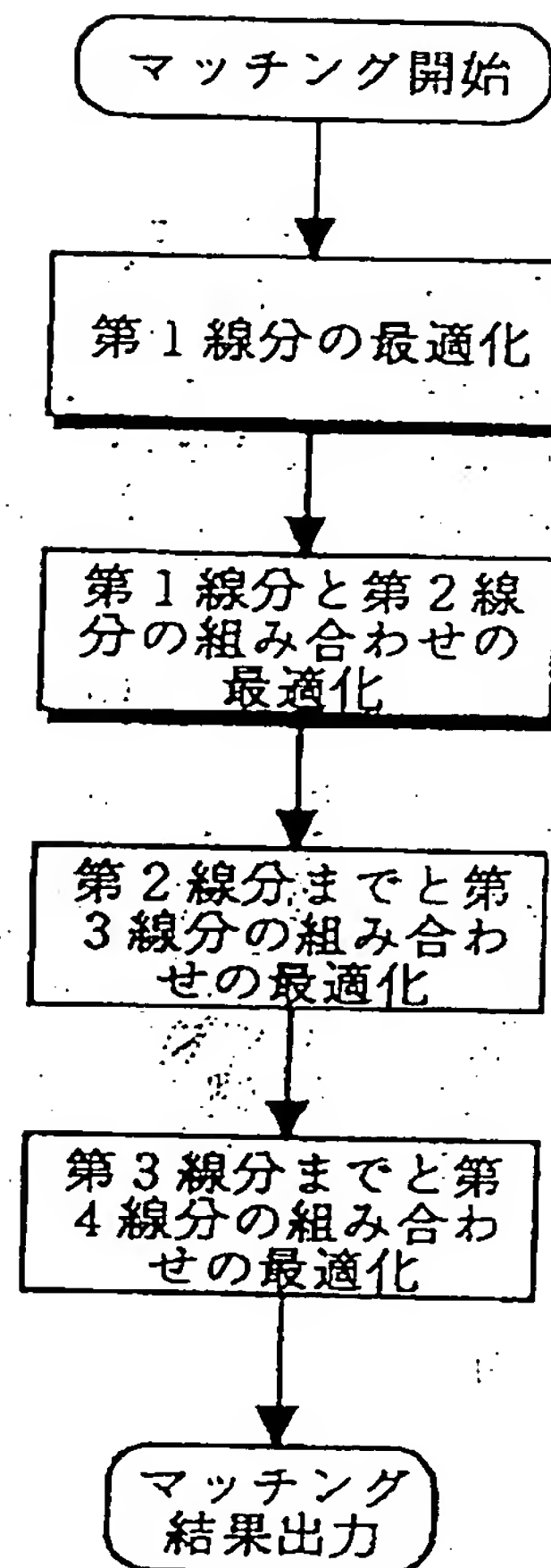




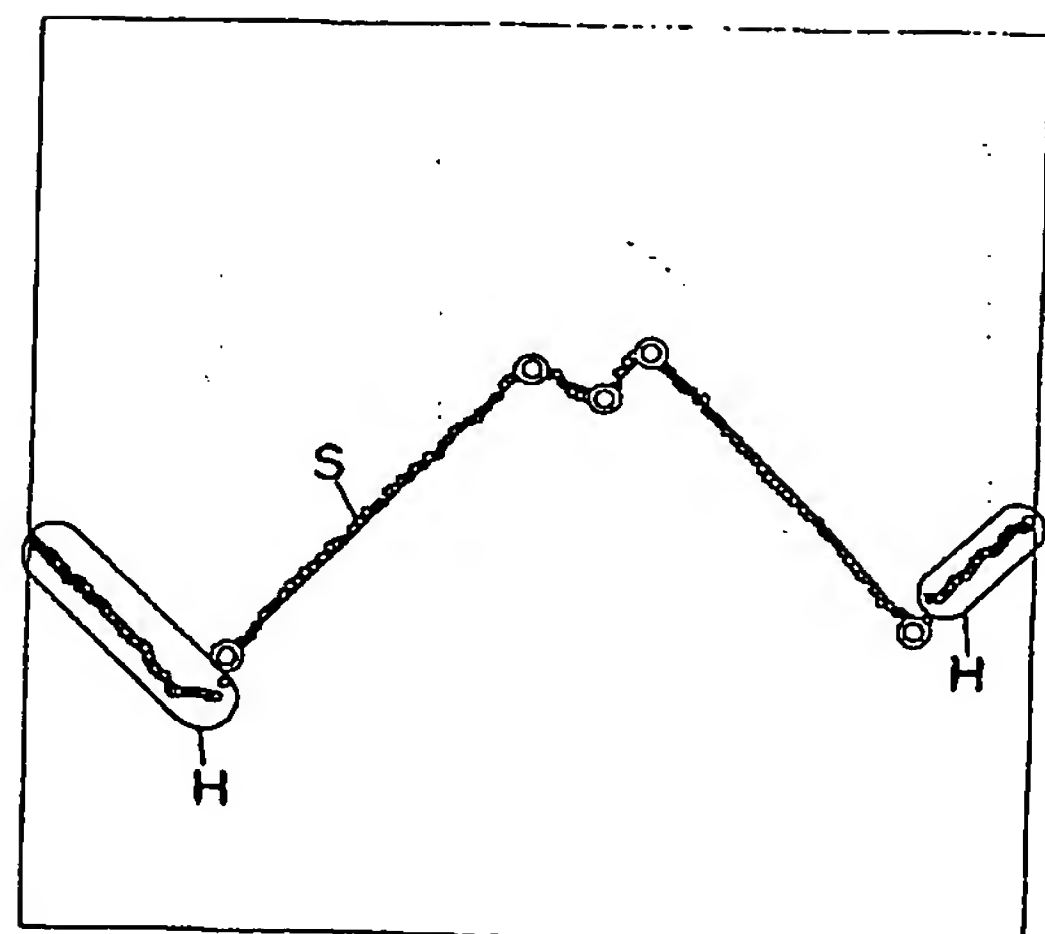
【図 2 3】



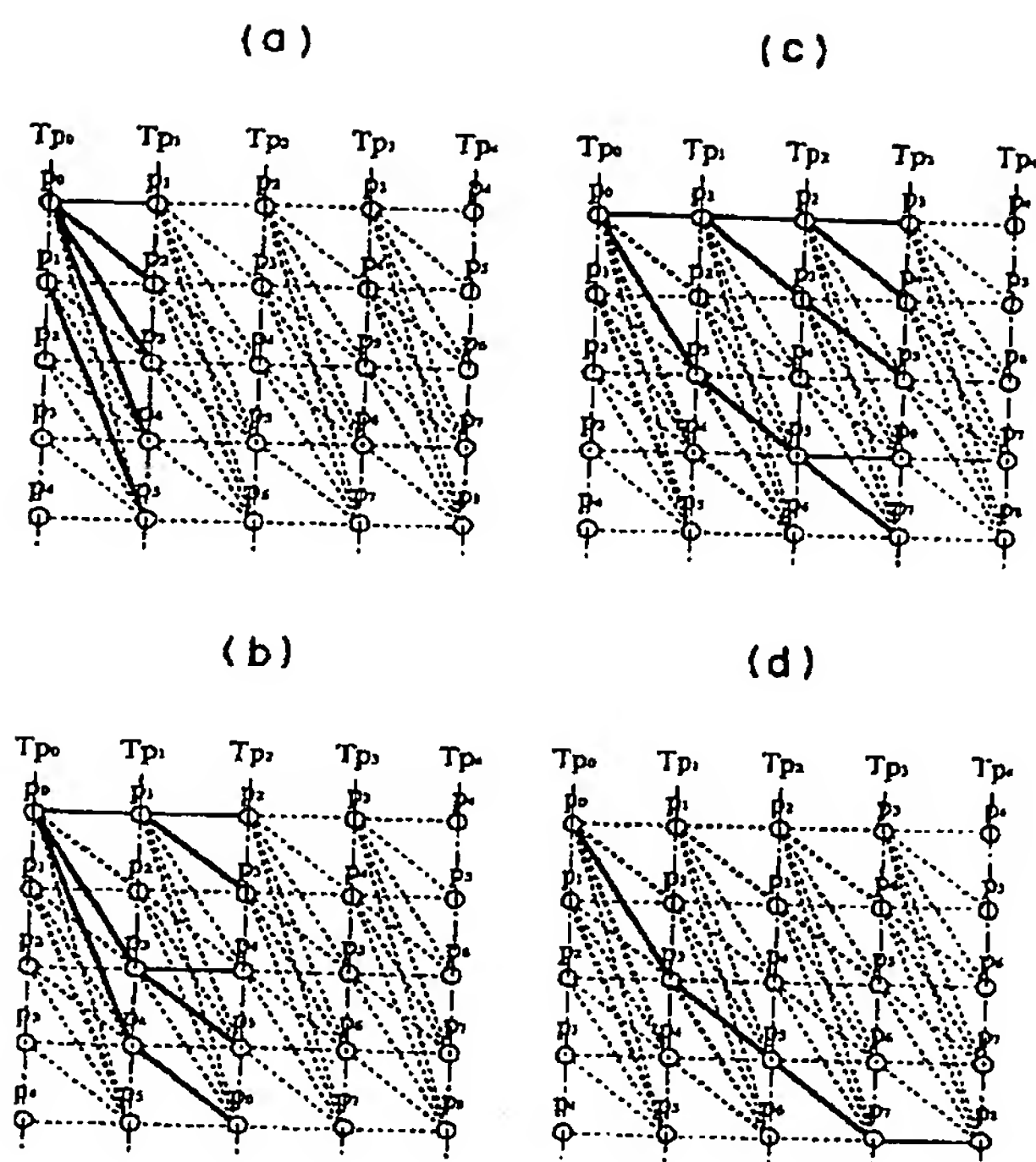
【図 2 6】



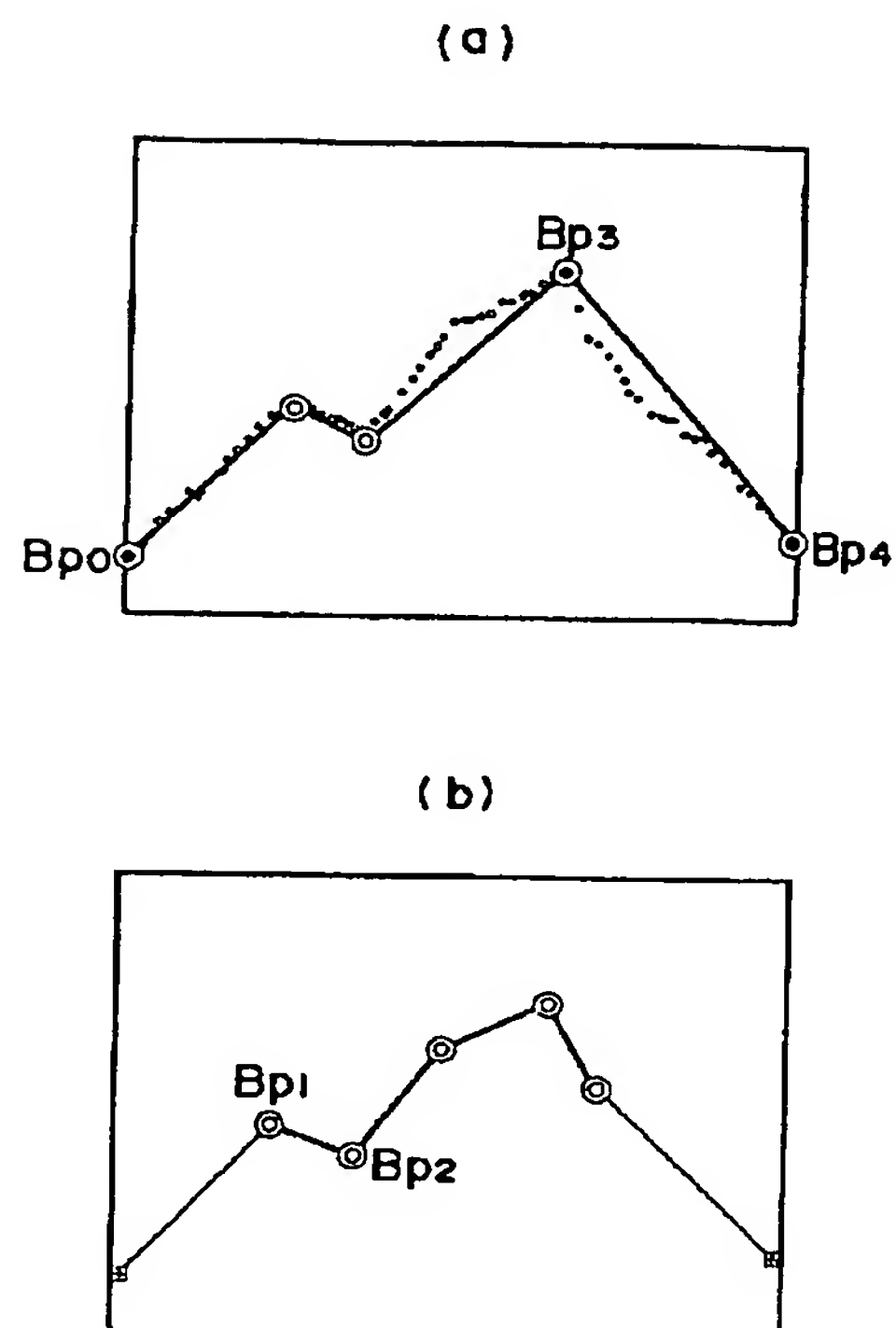
【図 3 5】



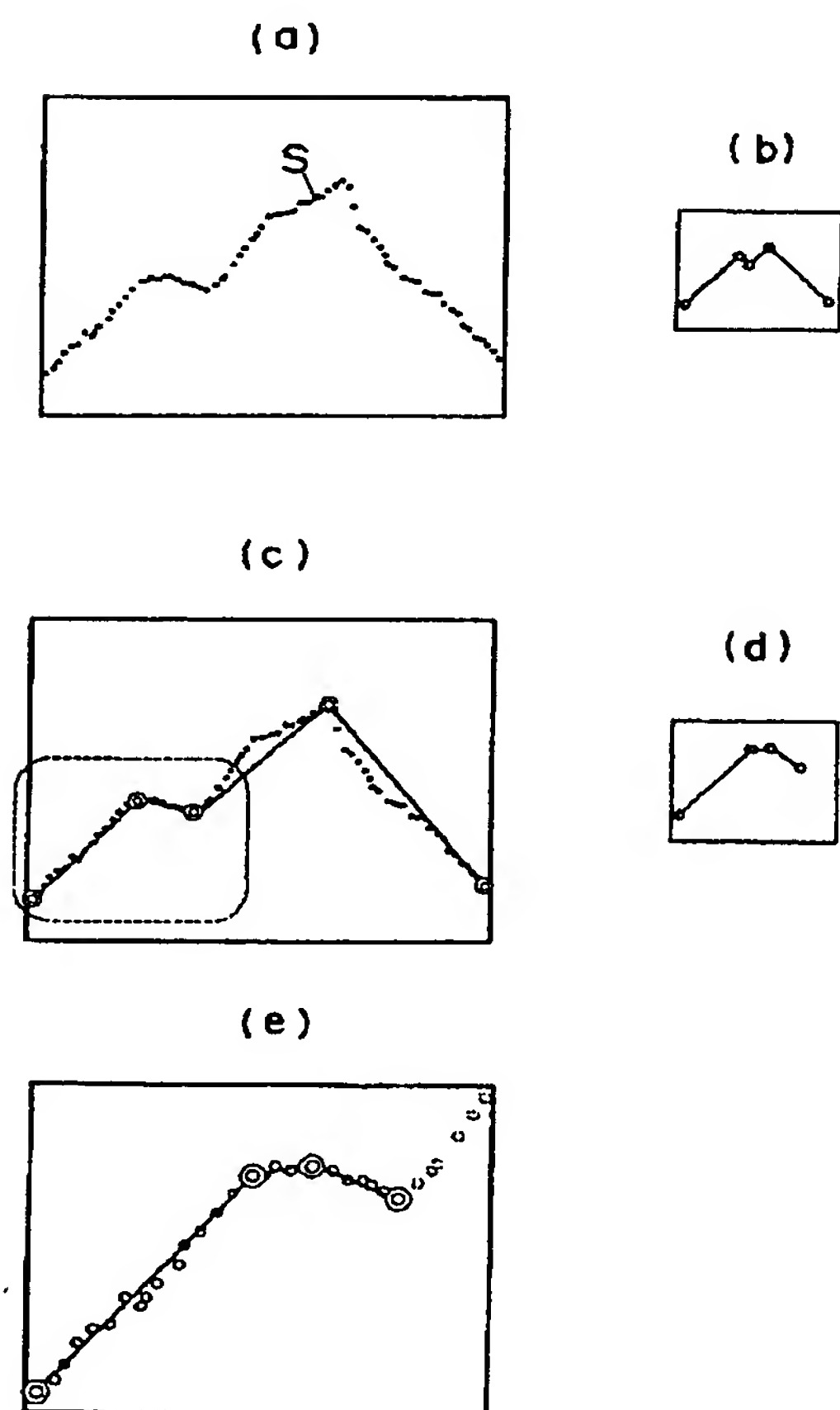
【図 25】



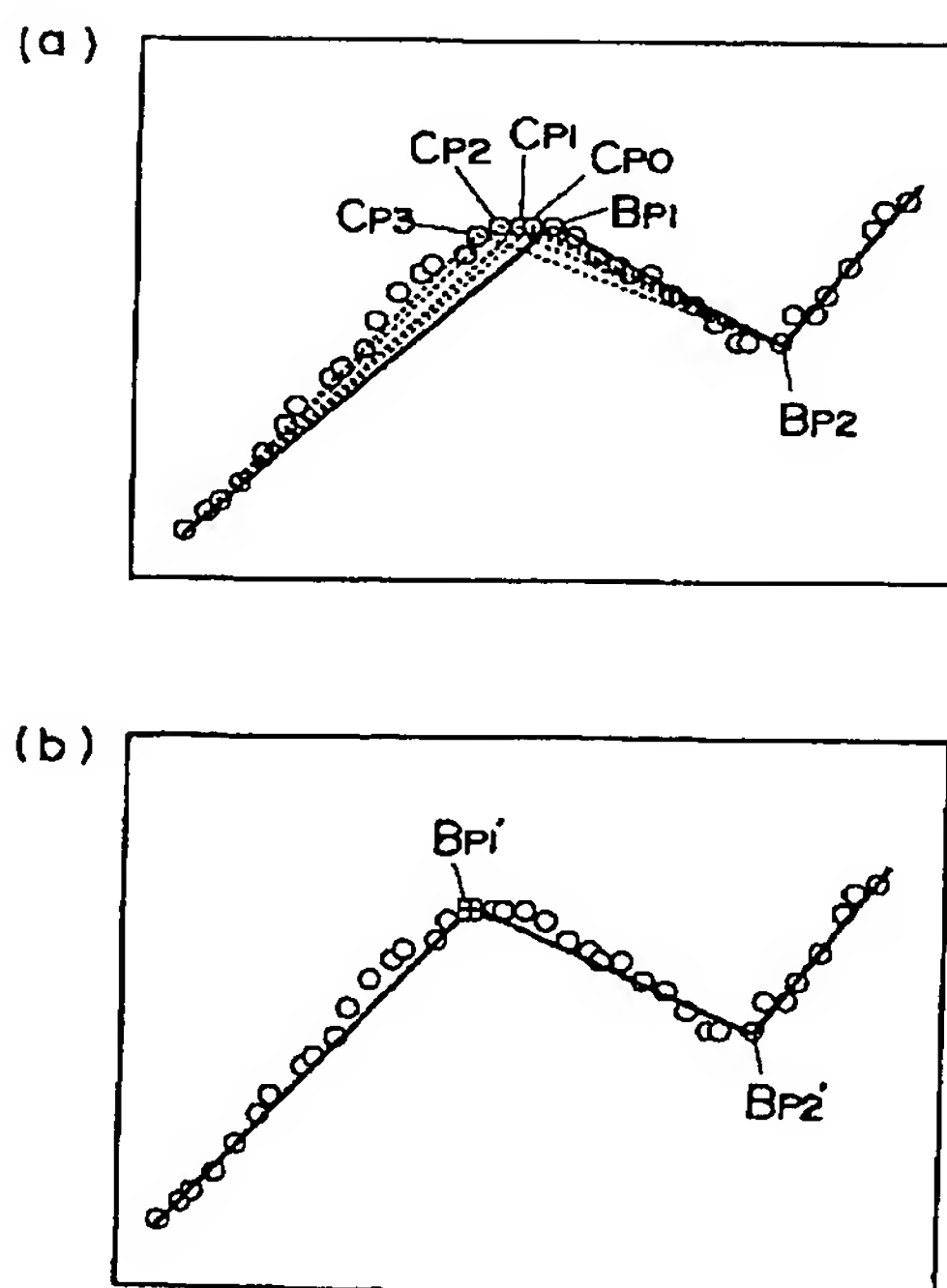
【図 29】



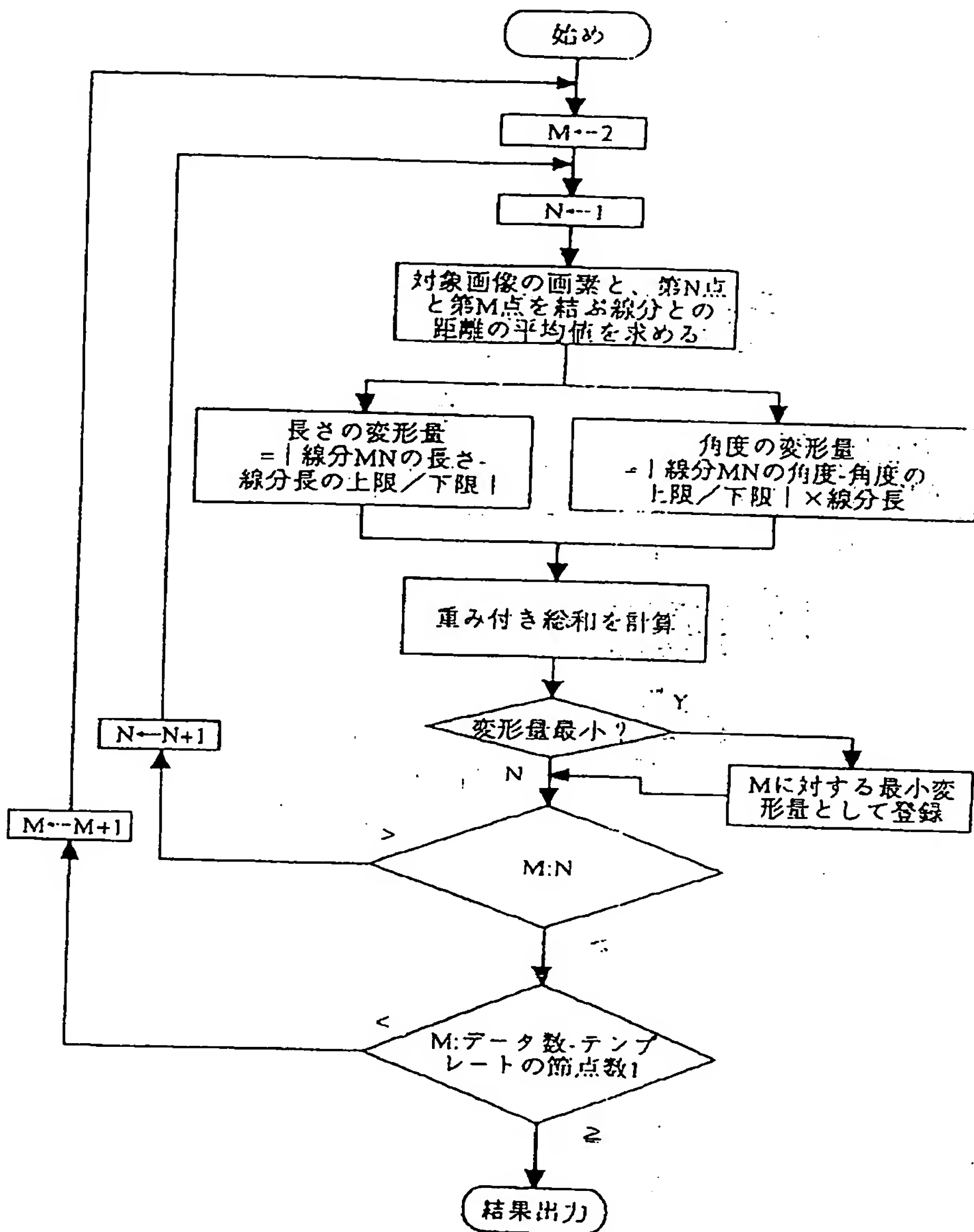
【図 30】



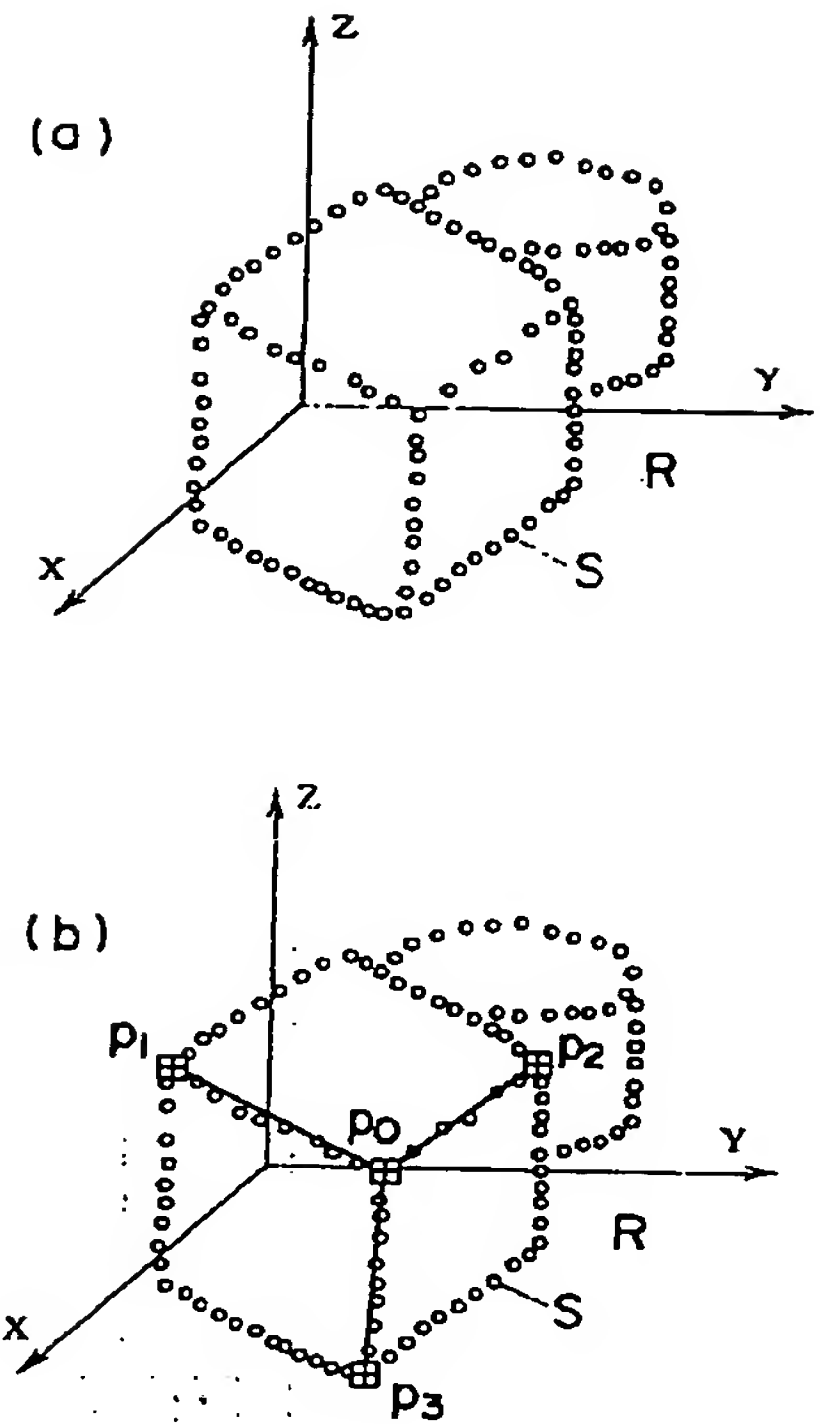
【図 32】



【図 2 7】

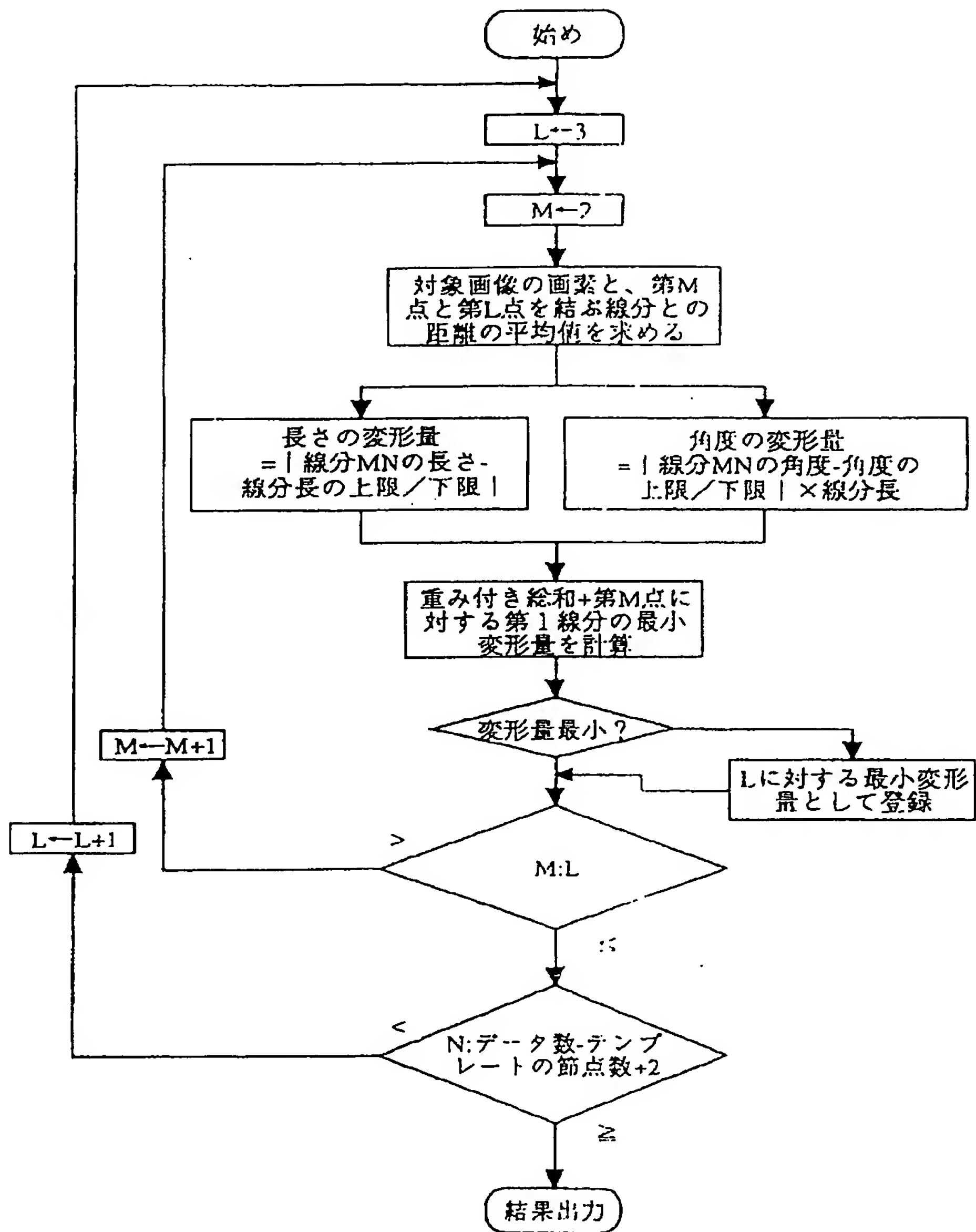


【図 3 9】

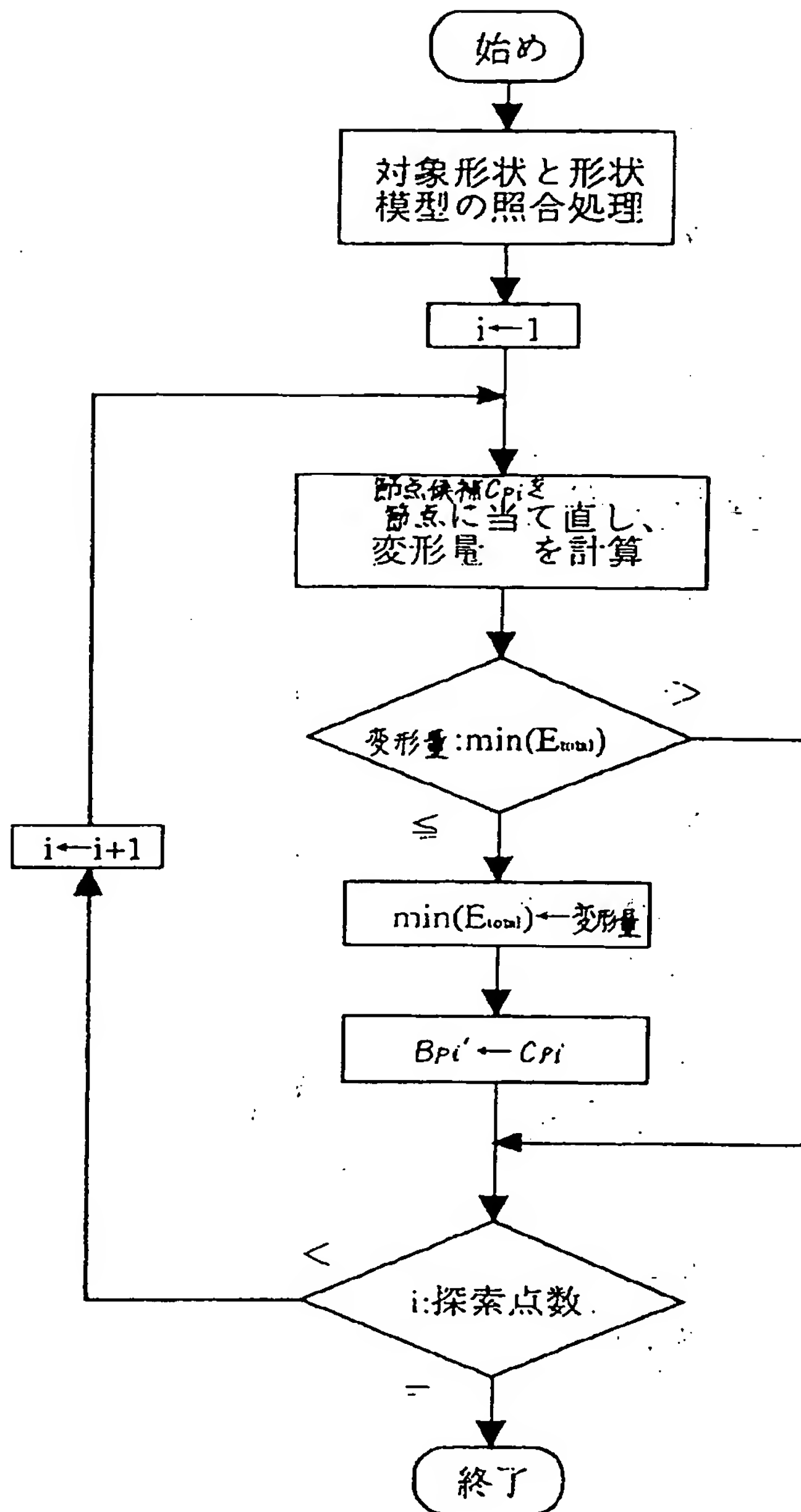




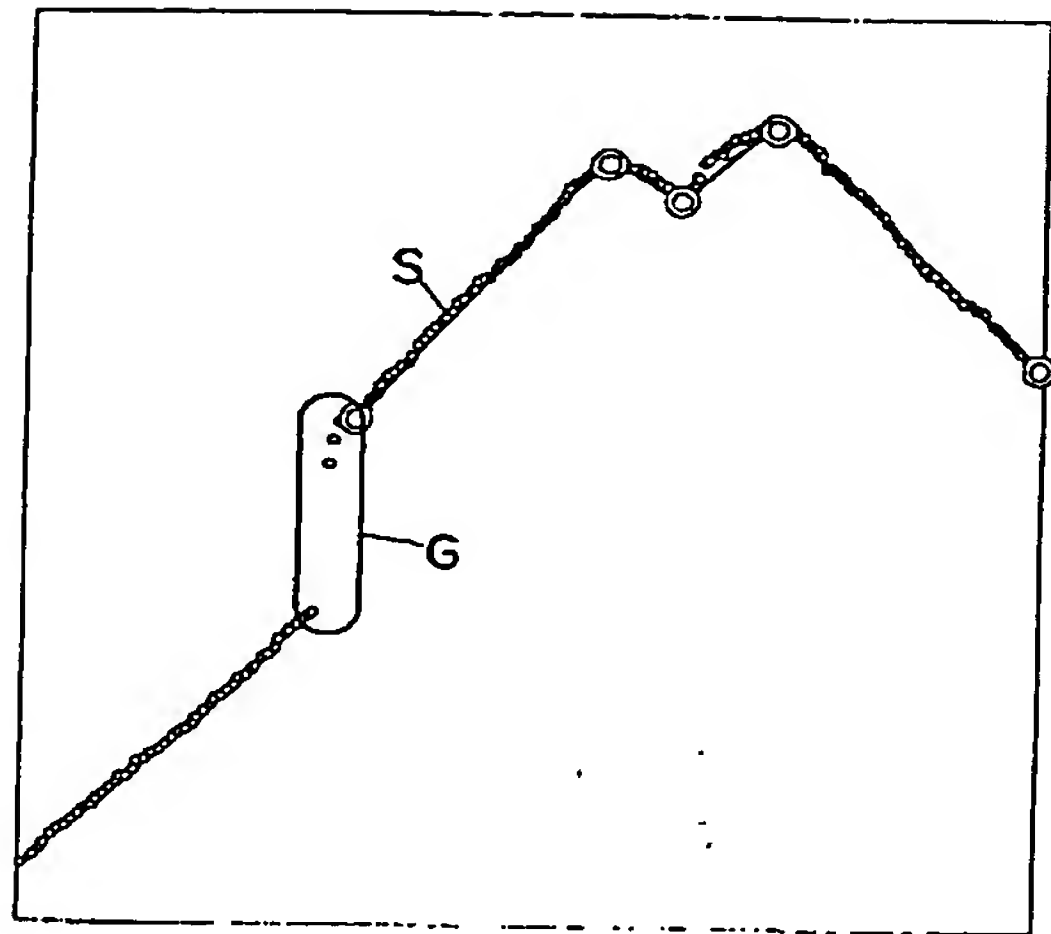
【図 2 8】



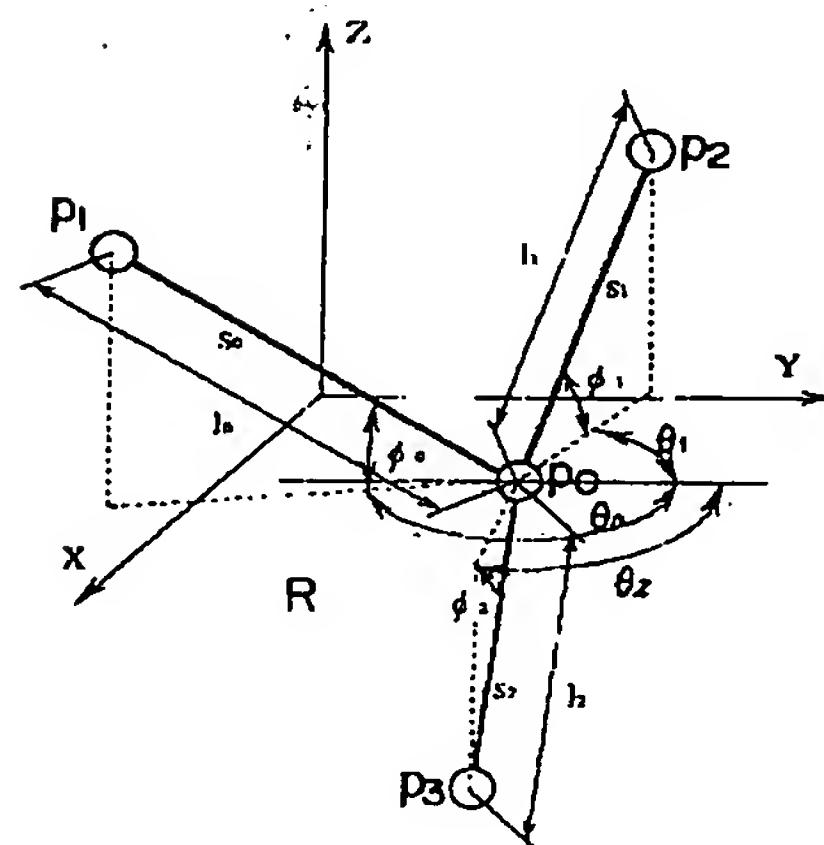
【図 3 3】



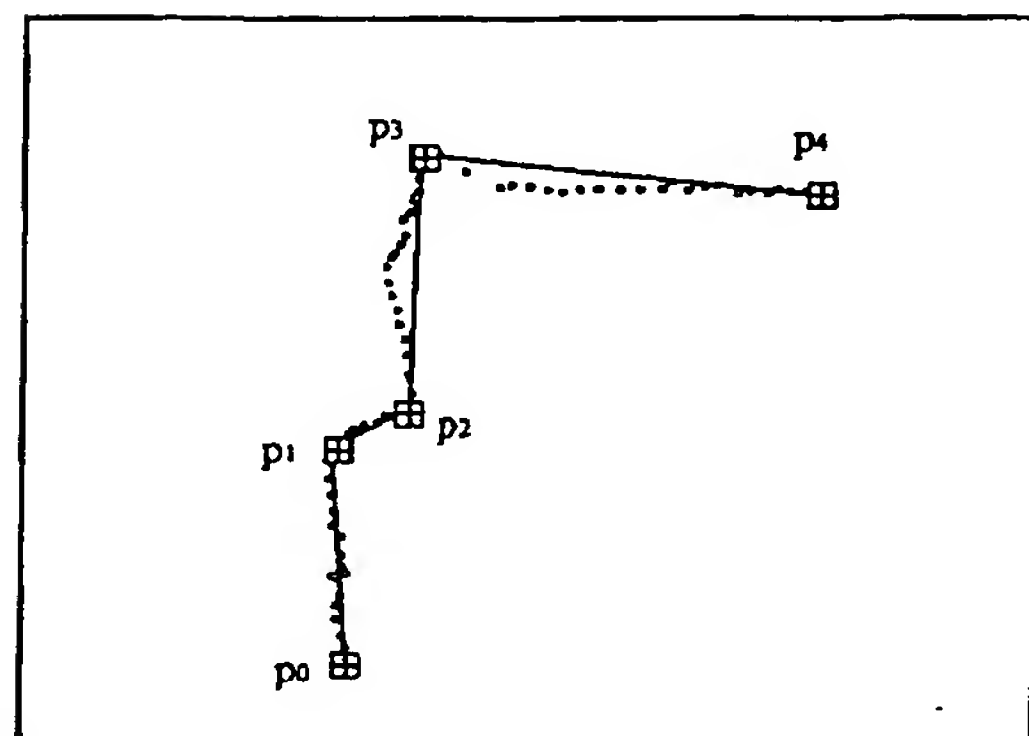
【図 3 6】



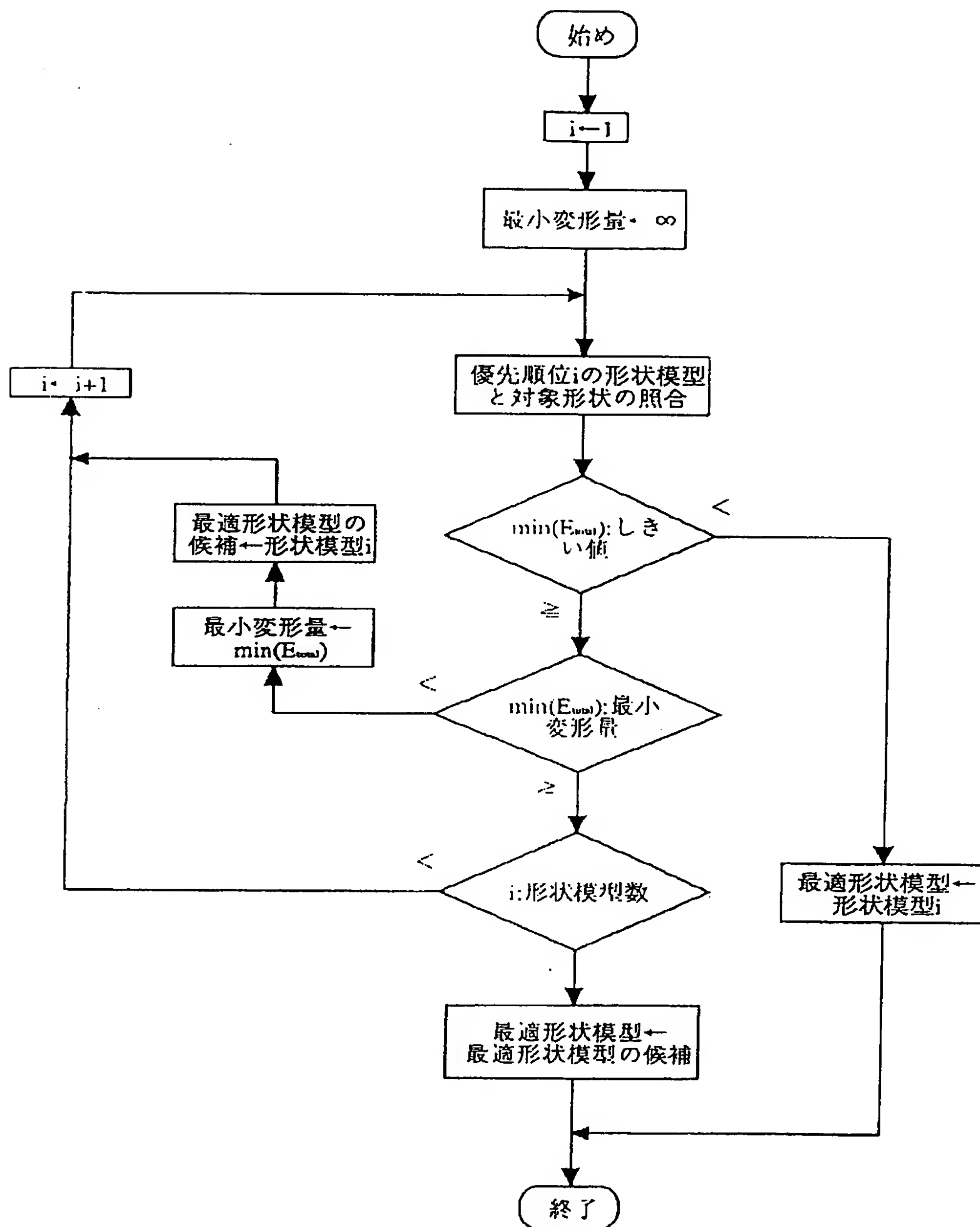
【図 3 8】



【図 4 1】

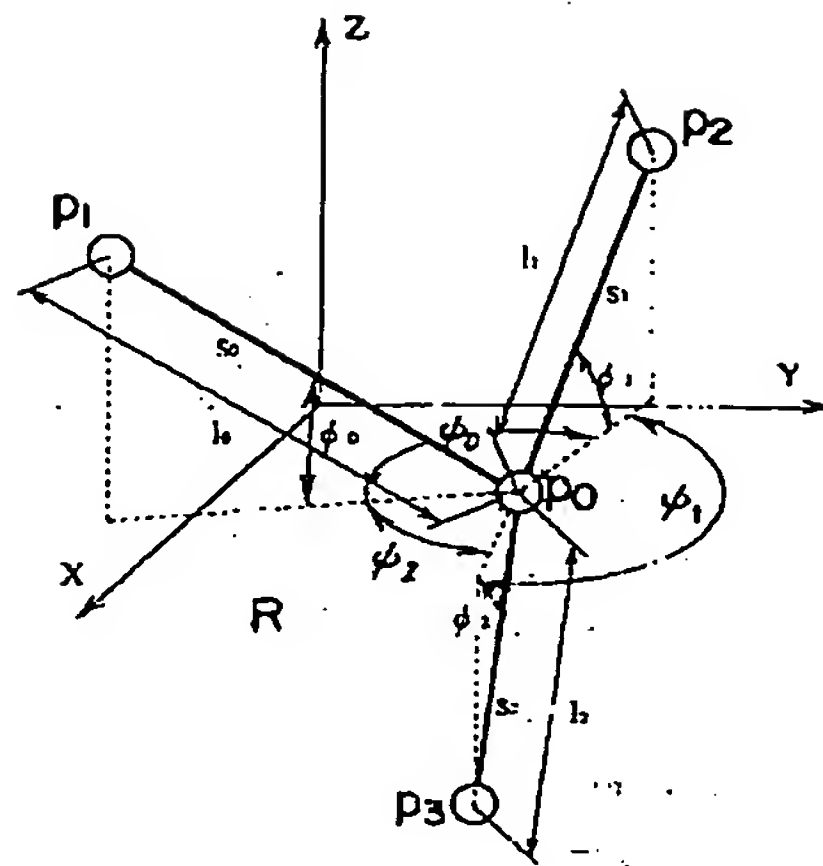


【図 3 7】





【図 4 2】



## 【手続補正書】

【提出日】平成 6 年 5 月 9 日

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0020】請求項 16 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、形状認識を繰り返して行なうにあたって、過去の照合結果に基づいて形状模型の特徴量の許容範囲を自動的に変更することを特徴とする。請求項 17 の発明は、請求項 7 または請求項 8 の発明において、対象形状と形状模型との照合を動的計画法によって行なうことを特徴とする。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0055

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0055】（実施例 9）実施例 1 では、形状模型について許容範囲を設定していることで変形可能な形の形状模型が設定されていることになる。したがって、実施例 1 のように、マッチング処理の際に変形量  $E_{i,j,k,l}$  が最小になるような節点を選択するようにした場合に、対象形状が形状模型に対して大幅に異なっていたとしても、形状模型に対象形状が一致する場合が生じる。そこで、本実施例では、最小変形量が形状模型に対する対象形状の相違の程度を示す点に着目し、上記最小変形量の値を対象形状の形状模型との一致の程度の指標として用いている。すなわち、最小変形量に対するしきい値を設定し、最小変形量がしきい値よりも大きければ、対象形状の形状模型に対する一致度が低いと判断するのである。

## 【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0062

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0062】本実施例において形状の一致度の指標となる最小変形量  $E_{i,j,k,l}$  の値は、形状模型の各線分毎に求まる評価関数の値の総和であり、ある一つの線分に対する評価関数の値は他の線分のマッチングに無関係に定まるので（注：評価関数の持つこのような性質をマルコフ性といい、動的計画法を適用するための条件となる）、図 2 6 に示すように動的計画法を用いて各線分毎に順に最適化を行なうことが可能である。処理手順を以下に示す。まず、節点  $T p_0$  と節点  $T p_1$  との間の線分に対するマッチングを行なう。すなわち、図 2 5 (a) に示すように、まず節点  $p_1 \sim p_3$  を節点  $T p_1$  に一致させる各場合において、節点  $T p_0$  の可能な選択のうちもっとも形状模型に近い線分が得られるものを一つだけ選択する（この処理は評価関数によって評価する）。たとえば、図 2 5 (a) において、節点  $T p_1$  に節点  $p_3$  を一致させたとき節点  $T p_0$  に一致させられる節点は  $p_0 \sim p_1$  のいずれかであるが、この中から評価関数を最小化するもの、すなわち節点  $p_1$  を選択する。他の節点  $p_1 \sim p_3$  に関しても同様に、節点  $T p_0$  に一致する節点の可能な選択のうち、評価関数を最小化するもののみを選択する。次に節点  $T p_2$  においても同様に、節点  $T p_2$  に一致する節点  $p_1 \sim p_3$  の各々に対して、節点  $T p_1$  に一致する節点の可能な選択から評価関数を最小化するものを一つずつ選び出す。つまり、 $T p_i$  ( $1 \leq i \leq 4$ ) に一致する節点の各々に対して  $T p_{i-1}$  に一致する節点の一つだけ選び出す処理を順次実施することにより、理論的に最適解とはなりえない選択、たとえば図 2 5 (a) において節点  $T p_0$  に節点  $p_2 \sim p_3$  を一致さ

せるような選択を除外し、最適な解、すなわち図 2 5 (d) に示すように形状模型の節点  $Tp_0 \sim Tp_5$  との一致度がもっとも高い節点  $p_0 - p_3 - p_5 - p_7 - p_8$  の組み合わせを効率よく求められるのである。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0074

【補正方法】変更

【補正内容】

【0074】上述したように、本発明では、対象形状のうちで形状模型と同じ数の節点を選択する可能な組み合わせについて変形量を計算することによってマッチング処理を行なうから、たとえば、図 3 5 に示すように、溶接する板材を押さえるホルダ H が撮像装置 3 の視野内に入って点列 S に不要な情報が含まれているような場合や、図 3 6 に示すように、溶接線の近くに穴が開いていて点列 S に不連続部分 G が形成されているような場合を認識することができ、目的とする形状を容易に抽出して認識することができるのである。ここで、穴による不連続部分 G については、形状を認識すべき区間外であるから、上述の補完処理は行なわない。

【手続補正 5】

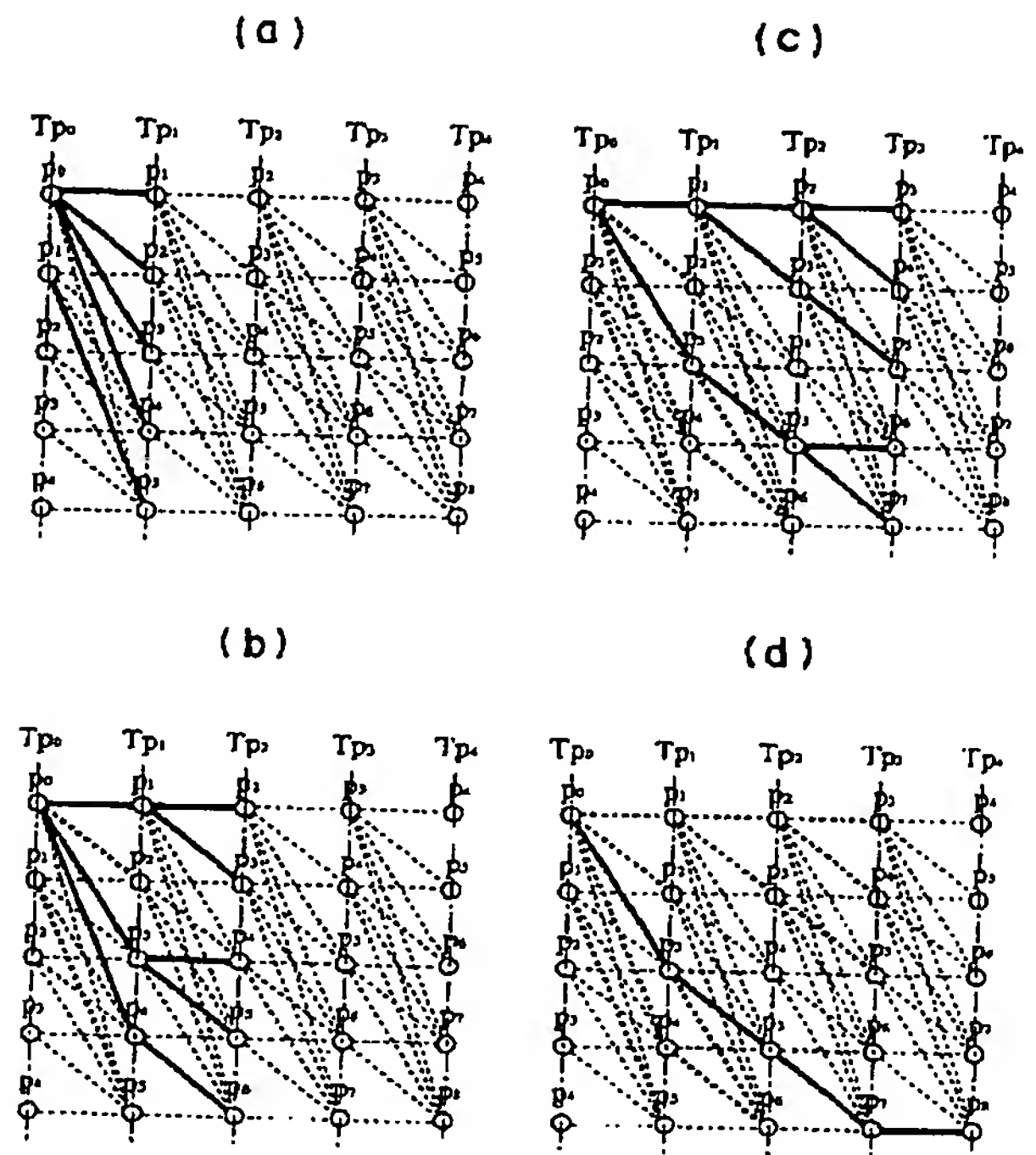
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 2 5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 2 5】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**